无线电

2008年合订本

下

1955年创刊 www.radio.com.cn 国内邮发代号：2-75 国外代号：M106

定价：38元

《无线电》编辑部 编

ISBN 978-7-115-19277-6

9 787115 192776 >

本书附赠光盘

立体声重放系统测试CD、单片机源程序、印制电路板图、资料等

下册 2008年第7期～第12期

栏目 音频应用/HAM通信/测试测量/无线应用/电脑·单片机/应用电路与制作/家电维修/初学者园地

TECSUN
德生牌收音机
中国驰名商标

纯调频立体声数字解调收音机

CR-300DSP

DSP
数字信号处理

东莞市德生通用电器制造有限公司
公司与工厂地址：中国广东省东莞市东城区莞长路189号德生大楼 邮编：523071 电话：0769-23167118 传真：0769-23160700

www.tecsun.com.cn

人民邮电出版社
POSTS & TELECOM PRESS

欢迎订阅 2009 年

无线电

期期有故事 向读者展示不同的电子爱好实现途径和爱好者经历，激发读者的共鸣，让读者在故事中求知获益

期期有专题 让读者在杂志中体会电子爱好的趣味、实用、广泛、深入

期期有评测 让《无线电》实验室为您带来电路、器材、工具的使用心得和实测数据

期期有实作 让读者尽享单片机、新颖元器件应用及电路 DIY 的乐趣

邮发代号：2-75　各地邮局均可订阅　每本定价 10 元，全年订价 120 元　联系信箱：ygb@radio.com.cn　咨询热线：010-67134361，010-67161471

无线电合订本

2008年（下）

《无线电》编辑部　编

人民邮电出版社

北　京

图书在版编目（CIP）数据

《无线电》合订本. 2008年. 下 / 《无线电》编辑部编.—北京：人民邮电出版社，2009.1
ISBN 978-7-115-19277-6

I. 无… II.无… III.无线电技术－2008－丛刊 IV.TN014-55

中国版本图书馆CIP数据核字（2008）第186638号

内容提要

《无线电》合订本 2008 年（下）囊括了《无线电》杂志 2008 年第 7～12 期所有栏目的全部内容，并经过了再次加工整理，按期号、栏目等重新分类编排，目录则按连载专题等重新分类，以方便读者阅读。

随书附赠光盘内有立体声重放系统测试 CD 以及与文章相关的印制电路板图、电路原理图、源程序等。

本书内容信息量大，涉及电子技术广泛，文章精炼，技巧经验丰富，实用性强，适合广大电子爱好者、电子技术人员、家电维修人员阅读。

《无线电》合订本 2008 年（下）

◆ 编　　《无线电》编辑部
责任编辑　房　桦　尹　飞　邓　晨
◆ 人民邮电出版社出版发行　北京市崇文区夕照寺街 14 号
邮编　100061　电子函件　315@ptpress.com.cn
网址　http://www.ptpress.com.cn
http://www.radio.com.cn
北京隆昌伟业印刷有限公司印刷
◆ 开本：787×1092　1/16
印张：36
字数：1152 千字　2009 年 1 月第 1 版
印数：1－8 000 册　2009 年 1 月北京第 1 次印刷

ISBN 978-7-115-19277-6/TN

定价：38.00 元（附光盘）

读者服务热线：(010)67132837　印装质量热线：(010)67129223
反盗版热线：(010)67171154
广告经营许可证：京崇工商广字第 0021 号

无线电 合订本

2008年（下） 目录

● 音频应用

奥运专题

奥运会的广播电视如何转播与接收（下） —————— 潘哲昕（1）

国半新型音频芯片应用专集

LME49811 设计与应用 —————— 杨宇洸（4）

LME49830 的试用感受 —————— 伦 音（36）

2008 年上海地区音响 DIY 作品展 —————— 本刊记者（8）

《无线电》、《高保真音响》、铁三角（大中华）有限公司联合举办

铁三角耳机放大器设计大赛 —————— （11）

耳放制作专题

TW-J9 小型晶体管耳机放大器 —————— 吴 刚（12）

简单实用的小功率耳放 —————— 雷 曦（15）

晶莹剔透的 47 耳放——制作透明的耳机放大器 —————— 夏 盛（17）

为 HA-1 耳放搭配电源 —————— 姜 韬（19）

一款新颖轻便功放的制作 —————— 韦 峰（21）

LM4780 功放实战制作 —————— 程静涛（22）

一款不需温度补偿精密偏置的甲类功放 —————— 李宏伟 南洋过客（25）

浮地输出的功放集成电路 —————— 吴红奎（32）

灵感之作——我的袖珍甲类功放 —————— 何志勤（39）

6N2+LM3886 合并式音频功放的制作 —————— 杨盛东（41）

15W 单端功率放大器的设计 —————— 骆才学（46）

外置音频解码器的制作 —————— 明 9002（50）

电子管的偏置电路 —————— 安玉景（54）

对 MP3 进行固件升级的前前后后 —————— 曹成武（56）

什么是 D 类功放 —————— 杨宇全（57）

实战 D 类功放 —————— 杨宇全（61）

仙童音频大功率对管 FJL4315/FJL4215 的测试比较 —————— 陆晓屏（66）

新型编码解码芯片 WM8903 —————— 资料室（69）

关于 μ PC1237 保护电路的疑问 —————— 沙 迦（70）

实作 LME49830 功放机 —————— 吴根清（72）

“火箭头” 功放诞生记 —————— 高 宙（74）

国半 LME49830 后续的故事 —————— 编辑部（76）

DIY 有源电子分频的 M1 监听箱 —————— blue7（83）

胆石混合耳放／前级的制作 —————— 午后红茶（90）

搭棚制作 TDA7293 功放 —————— 夏 盛（94）

便携耳放单电源的应用 —————— 陈坚中（96）

D 类音频放大器专题

兆赫兹 D 类放大器(MHz class D) —————— 赵 全（100）

IR 公司的 D 类功率放大器 —————— 赵 全（103）

UCD400 D 类功率放大器 —————— 赵 全（105）

Tripath 公司的 T 类功率放大器 —————— 赵 全（107）

介绍几款适合 DIY 的 D 类放大器（上） —————— 吴红奎（109）

用 ALTEC1569B 制作的功放 —————— 黄步青 黄胜迪（114）

电子管放大电路的几种接法 —————— 黄步青（116）

一款方便音响爱好者使用的多功能计算软件

——eTools 2.0 版本软件使用介绍 —————— 语 蓝（117）

立体声重放系统测试 CD 校准步骤 —————— 吴潇思（122）

适合功放的半桥式 300W 开关电源 —————— 马云天（123）

古董直热管 301A 前级的制作 —————— 边锋（127）

一款 5.25 英寸书架音箱的制作 —————— 林芝松（129）

支持话筒录音的 USB 声卡 —————— 吴红奎（133）

介绍几款适合 DIY 的 D 类放大器（下） —————— 吴红奎（137）

● HAM 通信

用旧物自制 UHF/VHF 驻波表 —————— 阎其昌(BD8MI)（142）

固定电台常备配件选购谈 —————— 杨 法(BD4AAF)（145）

自制通用型摩托罗拉车载对讲机录音中继控制器

—————— 刘 峰 白志强 蒋 锐（147）

电脑＋电路——打造软件无线电接收机 —————— 林永春（BA5SBA）（149）

采用 VMOS 管的电台电源 —————— 李华夫（BG4ABH）（152）

网评摘选 电台电源，线性 OR 开关，选谁好？ —————— （153）

自制短波低波段定向天线完整方案

K9AY 天线的选材与架设 —————— 吴国光（BA7IA）（154）

K9AY 天线控制器的制作 —————— 吴国光（BA7IA）（157）

K9AY 天线系统的调整与使用 —————— 吴国光（BA7IA）（159）

K9AY 天线性能的改进 —————— 吴国光（BA7IA）（160）

天线小知识 天线的方向性与增益 —————— （160）

MOTOROLA 对讲机与业余电台 —————— 杨 法（BD4AAF）（162）

改进型摩托罗拉／建伍对讲机写码器 —————— 白志强 蒋 锐 刘 峰（165）

专 题　业余无线电家

业余无线电应急通信

震区业余应急通信手记 ---------------------- 本刊通信员（168）

汶川地震给我国 ARES 带来的启示 -------- 文翰墨（BA1HAM）（171）

我们需要什么样的业余应急通信

——业余应急通信组织和通联之我见 ----- 陈　衡（BD5RV）（174）

漫画　反面典型 --------------------- 马长有（BG2ACA）（176）

组建业余无线电追踪系统

—— APRS 的应用 -------------- 荣新华（BD6CR）（177）

抢险救灾中适用的对讲机与电台 --------- 杨　法（BD4AAF）（180）

应急通信天线的制作与架设 --------------- 吴国光（BA7IA）（183）

电波带来的惊喜 ----------------------- 孙永君（BD2FO）（189）

器材与新技术

廉价车载台 FT-1807 使用报告 ---------- 杨　法（BD4AAF）（190）

资料

2008 年三级《业余电台操作证书》考核试题及答案 --------- （193）

2008 年二级《业余电台操作证书》考核试题及答案 --------- （194）

2008 年一级《业余电台操作证书》考核试题及答案 --------- （196）

SPE 1K-FA 业余无线电短波功放赏析 ------- 黎　海（BD7PA）（197）

制作适合野外通联使用的 USB CI-V 接口 ----- 吴国光（BA7IA）（200）

8 波段同轴电缆陷波天线 ---------------- 林永春（BA5SBA）（202）

车载电台安装使用全攻略

电台选择与安装详解篇 ------------------ 吴国光（BA7IA）（205）

车载天线的选择和安装 ------------------ 吴国光（BA7IA）（209）

应急通信中的电源保障 ---------------- 杨　法（BD4AAF）（213）

小功率电台（QRP）入门学习必备知识 ------ 阮东升（BA6QH）（216）

经典 QRP 电路 SW40+ 实作详解

城市上空的“夜鹰”（上篇）-------------- 阮东升（BA6QH）（219）

专题　业余无线电家

协会之窗

关于收取 2009 年度会费的通知 ------------------------ （224）

关于 2009 年度会费汇款的注意事项 -------------------- （224）

关于 2009 年协会会刊的说明 -------------------------- （224）

关于协会总部为会员代订《无线电》杂志的说明 ----------- （224）

历史一页

纪念 BY1PK 开台五十周年

——忆我国业余无线电的 50 年 -------- 童效勇（BA1AA）（225）

活动聚焦

2008 黄山业余无线电技术交流大会 --------- 方　明（BA6AA）（227）

BY7PP 2008EME 通信实验 --------------- 吴国光（BA7IA）（229）

器材与新技术

盘点 2008 HAM DIY 热点设备 ---------- 杨　法（BD4AAF）（232）

ICOM IC-2820H 使用简报 -------------- 黎　海（BD7PA）（237）

交流提高

车载电台安装使用全攻略

车载电台电源与电台维护篇 ---------------- 吴国光（BA7IA）（240）

新品快讯　2008 上海 CEF 电子展上的火腿器材新品 --- 本刊记者（242）

简单的多波段车窗玻璃天线 --------- 张　宏（BG1FPX）（译）（243）

天线小知识　天线的增益 ------------------------------- （245）

经典 QRP 电路 SW40 + 仿制详解

城市上空的“夜鹰”（下篇）------------ 阮东升（BA6QH）（246）

接触 DX 竞赛两年有感 ---------------- 张　猛（BD3BXH）（250）

漫画　不打自招 --------------------- 马长有（BG2ACA）（251）

● 测试测量

电压基准专题

电压基准离我们有多远？ ------------- 张利民（BG2VO）（252）

我们身边的固态电压器件 ------------- 张利民（BG2VO）（253）

衡量电压基准的指标参数 ------------- 张利民（BG2VO）（255）

电压基准仪器一览 ------------------- 张利民（BG2VO）（256）

电压基准仪器 DIY 方案 -------------- 张利民（BG2VO）（260）

电压基准的校准与检定 --------------- 张利民（BG2VO）（266）

打造个人电子工作室

二手万用表选购指南（上）---------------------- 聆　听（267）

二手万用表选购指南（下）---------------------- 聆　听（277）

无形的生活助手——超声波 --------------------- 徐　玮（269）

一款基于 51 单片机的超声波学习板 ------------- 徐　玮（270）

超声波测距试验 ------------------------------- 张涌根（274）

电子实验室专题

创建个人电子实验室 -------------------------- 吴红玉（281）

电子实训实验室配置方案 ---------------------- 杜建清（284）

创新电子实验室配置方案 ---------------------- 凌　锋（286）

能模拟汽车传感器的专用信号发生器 ------------ 林元新（289）

数字示波器 VS 模拟示波器 -------------------- 魏　坤（291）

电子血压计电路结构和工作原理 ---------------- 成　语（293）

电子血压计的认证标记 ------------------------ 资料室（295）

实测 RIGOL DG1022 多功能信号发生器 ---- 《无线电》实验室（296）

数字存储示波器的重要指标及选购 -------------- 魏　坤（300）

二手信号发生器选购指南 ---------------------- 聆　听（302）

给 VC9807A 万用表增加恒流电路 --------------- 吉同根（306）

二手频谱分析仪选购指南 ---------------------- 聆　听（308）

示波器使用三板斧（一）

——测量单片机和遥控器篇 ------------ 黄勇　葛中海（312）

示波器使用三板斧（二）

——测量激光设备篇 ———— 黄 勇 葛中海（317）

数字万用表使用技巧

如何用数字万用表判断三极管的管脚 ———— 王龙军（321）

示波器测量中的“热地”和“冷地” ———— 黄 勇 葛中海（322）

醉翁之意不在酒

——一种通过测量频率间接测量电阻的方法 ———— 黄双根 吴 燕（323）

DS1000E 系列数字示波器简介 ———— 资料室（324）

● 无线应用

单音信号无线发射／接收器 ———— 解永勃（325）

单片机控制的无线影音发射器 ———— 刘作新（326）

多用途锁相环频率合成器模块 ———— 魏 坤（329）

轻松编程实现无线遥控 ———— 陈 庚（333）

基于 GSM 模块的路灯无线监控系统 ———— 戚敏敏 柏华东 谢建军（335）

用调频发射接收模块改装远程遥控装置 ———— 刘国成（338）

LED 太阳能路灯控制器 ———— 李占林（339）

在电脑间实现无线互连 ———— 胡彩石（343）

GSM 模块——实现远程控制的新锐 ———— 徐 玮 庄建清（345）

2 款经典的太阳能路灯控制器 ———— 张晓光 刘松森（348）

● 电脑·单片机

五花八门流水灯

LED 动感广告牌 ———— 张晓光（353）

有趣的 LED 电子沙漏 ———— 卫小鲁（394）

让流水灯转起来 ———— 刘小康（421）

用单片机驱动微型打印机 ———— 陈国先（356）

印制电路板 CAD

AutoCAD 的图纸怎样转换成 Protel 99 SE 格式 ———— 刘祖明（358）

简单易制的硬盘播放器 ———— 姚宗栋（359）

用单片机实现传统电路功能

用单片机进行语音录放 ———— 史杰云（363）

输出直流高电压的太阳能充电器 ———— 吴汉清（365）

太阳能电池的发展历程 ———— 张晓光（367）

电波钟及其系统设计 ———— 唐黎明（368）

USB 接口来电显示器 ———— 周长锁（373）

PIC 单片机入门解惑问与答 ———— 钟闰田（375）

给 U 盘增加 MP3 播放功能 ———— 陈 尚（377）

无噪声电脑电源改装手记 ———— 吴 玥（379）

用单片机检测摩托车启动继电器 ———— 高 友（384）

Microchip 推出完整的

8 位／16 位／32 位 USB 单片机产品线 ———— 资料室（386）

奥运场馆中的手机充电站 ———— 肖迎春 宋 荣 孙 光（387）

Protel 99 SE 中 PCB 文件分层转换为图片文件的方法 ———— 刘作新（390）

德州仪器公司推出

超低功耗 MSP430 系列 MCU 新品 MSP430F5xx ———— 资料室（392）

最新面世的 LED 驱动方案 ———— 编辑部（393）

走自己的路——自动避障机器车 ———— 宋泽清（398）

能穿透墙壁识别移动物体的节能控制器 ———— 梁厚漠（401）

精彩纷呈的仿奥运会开幕式击缶倒计时牌 ———— 付国迎（404）

一种不怕高电压破坏的短距离光纤传输方案 ———— 张新明（409）

低成本单片机实验开发板 ———— 徐 乐（410）

单片机在音响中的应用

用单片机和 PGA2310 实现高精度音量控制 ———— 魏 坤（414）

三款可实现更高精度和散热性能的微型 LED 驱动器 ———— 资料室（420）

用单片机数字钟改造老式电饭锅 ———— 曾冠维（423）

用 2 条线读写 12864 点阵液晶屏 ———— 邢娇健（425）

多时刻定时数字钟 ———— 阚海辉 刘海燕（427）

盲人用电子钟 ———— 吴汉清（429）

无线门铃报警器 ———— 张建平（431）

一款便携式数字酒精检测器 ———— 徐 伟（BH3NVN）（434）

背景知识 酒精传感器简介 ———— 徐 伟（BH3NVN）（436）

单片机系统电路的测试方法 ———— 周琳凯（437）

音乐喷泉里的学问 ———— 乔晋兴（441）

自制单片机控制智能房间系统 ———— 苏锡锋（445）

PT2262 无线编码器的制作 ———— 张建平（448）

● 应用电路与制作

用功率型 LED 制作人体红外控制灯 ———— 孙志甫（451）

超温无线报警器 ———— 刘 智（453）

自制简易地震报警器 ———— 张晓东（455）

实用电路模块

DF 微型无线数据收发模块 ———— 陈有卿（457）

实用的匙扣式无线电发射模块 ———— 陈有卿（459）

匙扣式无线收发模块应用三例 ———— 陈有卿（462）

经济实用的低功耗降压稳压电路 ———— 冉小平（464）

用 NE605 制作宽频带调频接收机 ———— 苏 林 许 岩（465）

不产生电火花的多点控制开关 ———— 徐文武 蔡本晓 余子正（468）

自制多功能车用电源 ———— 冉小平（469）

带上下温度限制的温控装置 ———— 刘 兵（472）

自制高性能 USB–RS232 转换器 ———— 胡 炼 贺 静（474）

自制实用红外线—无线转发器 ———— 茅凌云（476）

DIY 简易家用超声波清洗器 —— 纪元美（479）
安全可靠的网络设施防雷击保护器 —— 薛明明（481）
如何加大超声波电路的功率输出 —— 刘新华（483）
微波感应模块的原理与应用 —— 陈有卿（486）
让废旧鼠标变身无线遥控翻页笔 —— 乔明哲（489）
用超声波控制你的楼道灯 —— 俞　虹（492）
实用卧室灯遥控开关的制作 —— 刘　潇（494）
自制简易可靠的电感测量仪 —— 杜灿鸿（497）

● 家电与维修

维修技巧一点通
巧修彩电中的 CPU —— 张兰家　贾　凡（499）
如何延长电冰箱温控器的使用寿命 —— 陈文启（499）
笔记本电脑电源适配器的原理与维修 —— 赵理科（500）
如何解决天热宽带路由器的“罢工” —— 潘邦文（504）
自制带焊脚的保险丝管 —— 李保平（505）
使用不当也会造成微波炉不工作 —— 万举刚（506）
由 UC3842 芯片构成的开关电源的检修 —— 孙　洋（507）
爱庭电磁炉加热不稳定故障的检修 —— 林育汐（510）
电容漏电引发收音机出现“无台” —— 林芝松（510）
用对比法快速检修仪器仪表 —— 戴心锐（511）
电容变质引起彩电色彩失真故障一例 —— 韩军春（511）
Marantz CD 机静音电路失效的检修 —— 安玉景（512）
维修员手记
彩电自动关机故障检修 —— 张兰家　贾　凡（514）
手机旧电池的再利用 —— 宋海红（517）
装机小经验——破解硬盘丢失之迷 —— 刘福胜（517）
伴音时大时小软故障的检修 —— 孙德印（518）
集成电路供电管也是故障高发点 —— 于玲艳（519）
一颗“磁化”螺钉引起的故障 —— 倪耀成（520）
光明牌 SG-3 型声光控电灯开关的检修 —— 余俊芳（521）
将光控灯巧改报警器 —— 刘福胜（522）
电磁炉 IGBT 管损坏的十大原因 —— 王绍华（523）
海尔 HS-2980 型彩电水平亮线的检修 —— 宋海红（524）
问与答 ——（525）

● 初学者园地

有趣的太阳能电池 —— 门　宏（531）
入门制作
DIY 简易声控流水彩灯 —— 任　杰（534）
多功能测电笔的改进 —— 吕四喜（535）
如何抄画印制电路 —— 葛中海（536）
简易太阳能充电器 —— 门　宏（538）
怎样调节调频无线话筒的发射频率 —— 任　杰（540）
扩展电容挡量程的简易方法 —— 辛启华（541）
零起步学无线电收发
无线电发射与接收原理 —— 门　宏（542）
电子制作常用工具面面观（1）—— 张晓东（545）
数码相机抄板的妙用 —— 张全威（548）
小型太阳能供电板的制作 —— 江　肖（550）
电子制作常用工具面面观（2）—— 张晓东（552）
光控路灯控制器
——巧用太阳能电池作光传感器 —— 门　宏（556）
自制多功能数码管显示实验板 —— 江　肖（558）
电子制作常用工具面面观（3）—— 张晓东（560）
洞洞板上的电路　DIY 小型 LED 点阵显示系统 —— 江　肖（564）
与初学者谈谈安全用电 —— 张晓东（567）

● 书讯

《电子管名机赏析》重印发行 ——（570）

标志表示配书光盘中有与该文章相关的内容

奥运会的广播电视如何转播与接收（下）

文/潘哲昕

三、悉尼奥运会转播实例

中央电视台2000年悉尼奥运会转播报道，采用前方采集制作与台内编辑播出相结合，以赛事为主体，以现场为重点，比赛与人文交流互为一体的大信息量转播方式播出。

1. 在悉尼前方搭建完整的转播体系

(1)在奥运会国际广播中心(IBC)建立转播报道中心。为了节约空间，CCTV与香港TVB建立联合编播机房，共同享用由主办单位提供的一套国际信号，共用一套主控系统设备，共用摄录机群编辑节目，人员共同转播值班。

编播机房的主要配置有：两套直播系统；3台数字摄像机，12台录像机；两套2：1编辑合成系统，13套1：1对编机；3套多媒体节目合成设备，1套宽带合成设备；18套新闻摄像采访设备和两个配音间。

(2)在奥林匹克体育场、体操馆和水上中心的跳水区租用摄像评论席；在乒乓球馆、羽毛球馆、举重馆等场馆租用五个解说评论席；在乒乓球馆、羽毛球馆、举重馆、射击馆等场馆租用六个场馆的出入口设置采访区，并分别设置图像与声音信号的单边注入点。

(3)现场信号的传送：赛场实况由主办单位合成40路国际信号传送到IBC；我台租用的摄像评论和解说评论的单边注入点信号和一路备用采访注入信号，通过主办单位提供的专用传输通路送回IBC编播机房。

(4)在悉尼歌剧院附近建立分演播室，利用本地通信光缆资源和自带的光端设备，建立分演播室与IBC报道中心的信号传输链路，并通过IBC与后方直接连通，形成悉尼奥运赛场外的广播电视报道体系，及时将采访到的节目素材和初编的专题节目传回电视台节目组，进行后期编辑制作并安排播出。

(5)设在IBC的编播机房主要任务有两个：一是工作人员根据播出的安排，将需要转播的国际声赛场实况信号插入相应的解说评论信号，通过直播系统进行现场实况直播。直播信号通过卫星传回国内，由CCTV相应的电视频道播出；其二是编辑制作专题节目和整理编辑节目素材，通过卫星传回中央电视台，供有关节目组进行后期编辑并播出。

2. 信号传输通道

信号传输包括两部分：一是广播电视信号的传输，二是语音与数据通信系统。

为了保证卫星传输的可靠性，广播电视信号的传输分别使用了两颗国际传输卫星。根据当时的技术条件，一号直播系统采用模拟传输通道，合成的信号从IBC通过悉尼光缆通信电路传送到悉尼卫星地球站，由国际通信卫星负责传输，北京电信地球站负责接收，并以微波传输方式传送给中央电视台。合成信号中，左路伴音通路传送节目声音信号，右路伴音通路传送国际声信号。二号直播系统采用数字传输通道，合成的数字信号进行压缩编码后，经悉尼地球站，通过亚洲卫星公司的卫星传输，由中央电视台的卫星接收设备直接接收，全天转播奥运会节目。一个数字卫星电视传输通道可以传输1套电视信号和4个声音信号，其中L1传输节目声音信号，R1传输国际声（背景声）声音信号。

使用2条128Kbit/s的ISDN窄带数据专线，通过市话网络，提供给中央电视台多部台内电话和传真机，实现与悉尼的语音通信和数据通信业务。

3.后方电视台内的节目编辑播出

奥运期间，中央电视台以主演播室为核心制作专题节目，在第一、二套节目的重要时段安排有关奥运的新闻插播、新闻直播和早、晚专题节目。前方传来的图像信号和声音信号，通过主控制室直接传到演播室的视频图像切换器和调音台，同时将声音信号通过播音员控制盒送到播音员的监听耳机中。视频图像通过特技设备合成处理，形成双视窗图像信号，分别显示前后方主持人图像，在每天的《新闻30分》和《新闻联播》中插入前后方双向主持人交流方式的奥运新闻直播。

第五套节目则以奥运频道出现，全方位地实时播出奥运盛况，其中新闻和专题节目的制作仍以台内制作为主。前后方规定，每天早7:00—8:00和晚21:00—22:30传送专题直播节目信号，其余时间传送节目素材，由主控制室收录，送专题组制作节目。

由悉尼奥运INC编播机房插入汉语普通话的赛场实况转播信号，经中央电视台租用的专用亚洲卫星电路，直接传

送到电视台播出机房播出。但是，个别赛场没有设置解说评论席，这时，需要在电视台设置解说评论演播室，在台内插入解说评论声音信号。

四、国内奥运会广播电视信号的收听收看

1. 广播电视节目的制作和播出

广播电视节目多种多样，有些是专业公司制作的节目，有些是转播现场实况或其他电台、电视台的节目，多数节目还是广播电台、电视台自台编辑制作的节目。为此，电台、电视台设有各类节目编辑组、节目播出机房和播出总控制室。为了保证新闻节目的时效性，大的广播电视台还设置新闻中心。由奥运会IBC传回的现场实况转播信号通过总控制室直接传到节目播出机房播出；传回的节目素材和专题节目同时传给新闻中心和相关的节目组，由新闻中心选出新闻素材，以新闻的形式播出；由节目组编辑制作成奥运会专题节目，在专题节目时间播出。

我国设有国家级、省级和市级广播电台和电视台，各地方台播出的奥运节目中，实况转播节目主要由中央广播电视台提供，地方播出的新闻、专题节目的素材，可能选自各类媒体，如新华社、国际台或ESPN等。

2. 广播电视信号传播的特点和用户的收听收看

目前接收广播电视信号的主要形式有：中短波、调频、电视的地面无线接收，室内有线广播电视接收，交通工具内或手持便携式接收设备的移动接收。

（1）中短波、调频、电视的地面无线覆盖

无线接收是利用接收机的天线，接收发射台发射的无线电波的广播、电视接收方式。自1920年11月世界上第一家中波广播电台在美国匹兹堡成立，1936年英国首先播送黑白电视节目以来，无线接收是广播电视最普遍的接收形式。受到电波传播条件的影响，无线传输的有效覆盖范围是有限的，通常调频和电视在无阻挡的情况下的覆盖半径为十几公里到几十公里，中波广播为100公里左右，短波广播定向发射距离可达到几千公里，但是信号不稳定，且质量较差。为满足城乡的广播电视覆盖，全国共设置广播电视发射台和转播台七万余座。

近年来，城市高楼兴起，电视信号受到阻挡和多径反射的影响，无线收看质量下降，有线电视兴起，无线覆盖主要用于离城市较远的乡镇、农村。在城市及附近郊区，无线覆盖只作为有线电视接入覆盖的补充。

（2）有线广播电视接入

有线电视系统将多套电视和广播节目集成在一起，通过专线送到用户家中。节目多，干扰小，信号强度适中，有专业人员负责维修。虽然要负担一定的维修费用，但是收看质量得到了一定的保障。有线电视系统由前端机房、传输网络和用户终端三部分组成。

有线电视前端的任务有3个：一是接收本地和各地的广播电视节目。模拟电视系统的电视节目可以达到几十套，广播节目有十几套；数字电视系统的电视节目可以达到几百套，广播节目有几十套。二是信号处理和播出。将这些节目信号进行标准化处理和有序的排队，分别调制到相应的频道上，并合成为一个完整的有线电视信号。模拟有线电视系统每个频道传送一套电视节目，数字有线电视系统可以将8套数字电视信号复接在一个频道中传送，因此，数字有线电视传送电视节目的数量是相同条件下的模拟有线电视系统的8倍以上。前端机房的第三个任务是将带有全部节目的有线电视信号发送到传输网络，并同时向全部用户传送。

广播电视传输网络与通信网络不同，通信电路为每一个通信中的用户开通一条专线电路。由于用户很多，每一个用户分得的通道宽度较窄，即使申请宽带也只有几百kbit/s，所传送的视频电视信号码率很低，图像小且经常需要停顿等待。有线电视网络传送的是全部用户共用的有线电视信号，每一个用户均享有全部带宽，每一套数字电视信号的传输码率均在5Mbit/s以上，HDTV节目的传输码率在13.2Mbit/s~19.6Mbit/s，可以得到理想的电视画面和伴音质量。大城市的有线电视网的主路采用环形结构，偶然发生的单点断线事故不会造成节目的停传。支路采用树枝形结构，光缆、电缆混合传输（HFC）电路，设有专业维修人员全天候地巡检、维修。

用户在房间内利用有线电视收听广播节目，可以有效地防止电波的多径反射干扰.模拟有线电视中的调频广播（FM）频段，播出调频广播节目；数字有线电视安排有广播节目频道，将机顶盒的音频输出接到音响设备的输入端，

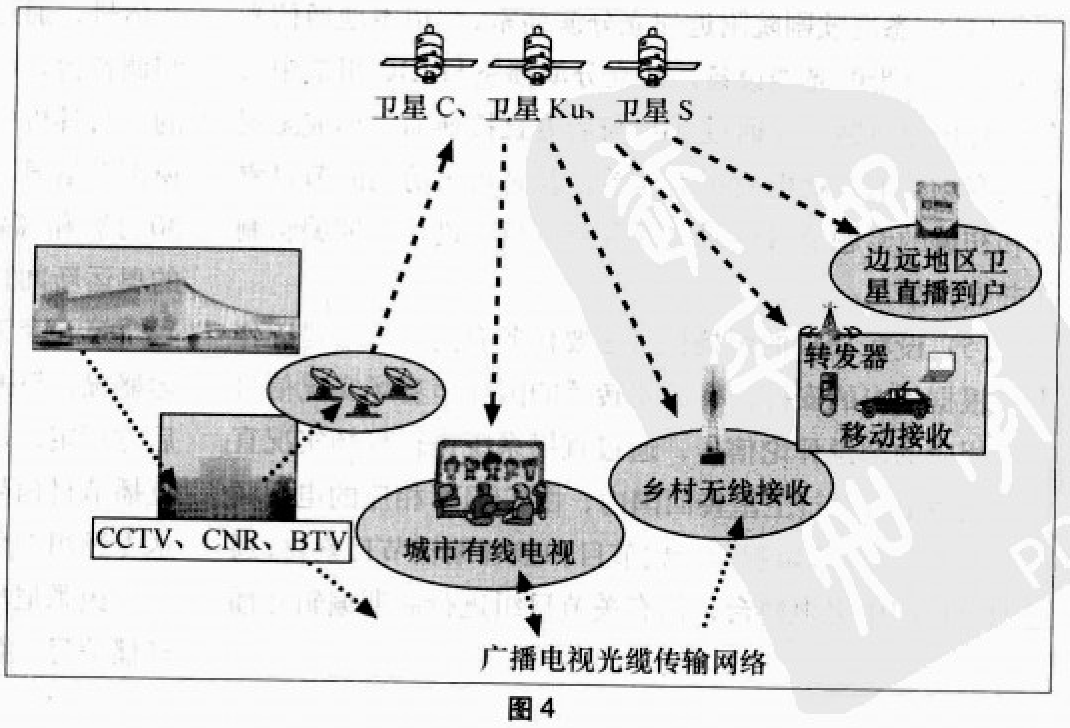


图4

可以获得高质量的音响效果。

（3）直接到户的卫星直播

在我国西部边远地区，交通不便、居住分散的山区用户，接收广播电视十分困难。为此，中央拨专款，实施了广播电视“西新工程”和“村村通工程”，利用专用卫星传送节目信号，在居民较集中的地区，建设小片电视有线网或地面无线差转发射设备；在人口较少的山区，建设地面卫星接收和公共电视放映室，白天转播广播，夜晚集体看电视。目前这项工程已经基本完成，奥运会期间，偏远地区的广大民众、公路道班和边防哨所的卫士们，可以通过卫星和相应的地面设备收听收看奥运转播的精彩节目。

（4）移动用户的无线广播电视服务

移动接收是指接收机在快速移动中的收听收看。主要的接收方式有手机电视、DAB（DMB）和CMMB。

手机电视有多种形式。一种是在手机中增加电视接收芯片，可以收看当地无线播出的各模拟频道电视节目。另一种是DVB-H，即数字手机电视广播。利用分米波电视频道，使用小功率发射机组成单频覆盖网，实现本区域DVB-H播出覆盖。目前公共汽车和一些城市出租车上的移动电视、一些手机设置的DAB多媒体电视，即是这种传播方式，这也是我国目前许多大城市采用的多媒体播出方法。真正的以手机信道播出的多媒体电视，至今尚未正式开通。

CMMB是国内自主研发的、卫星直播与地面补充发射相结合的、覆盖全部国土及领海水域的无线播出系统。2007年8月已在包括奥运城市在内的8个城市进行实验播出，播出25套电视节目和30套广播节目。汽车、火车等交通工具可以利用车载天线直接接收；手机等手持微型接收设备，可以利用机内天线直接接收。CMMB系统的调制方式，解决了高速运动中的信号畸变问题，适用于各种交通工具中的广播电视信号接收。CMMB信号的接收芯片已经正式投产，车载GPS设备、利用计算机UBS接口插接小型接收设备或在手机等手持微型声像设备中安装该芯片，就可以接收到高质量的多媒体广播电视节目。

图4是我国奥运转播播出系统示意图。中央台和北京台的奥运转播信号通过IBC传输机房直接传回台内进行直播或编辑播出，播出节目通过卫星和地面光缆传送给地方广播电视台。卫星传输分别使用C、Ku和S三个不同频段的卫星转发器，C波段有利于克服因天气原因导致的卫星信号衰落，主要用于向城乡电台、电视台等专业广播电视播出机构的节目传输；Ku波段可以使用较小接收天线，有利于边远地区、山区、居住分散的集体或个体用户接收；S波段卫星下行发射S波段电波，抗干扰能力强，适用于对移动用户和微型手持接收设备用户的广播电视节目直接播出。

3. HDTV信号的接收

（1）高清晰度电视和高清晰度电视机

数字高清晰度电视（HDTV）和标准清晰度数字电视（SDTV），其信号实质是一致的，主要区别有两点，一是前者要求画面的水平点数和垂直行数都比后者高一倍，HDTV的数字信号码率是SDTV的4倍；二是伴音采用5.1声道。因此，HDTV的摄像要用高清摄像机，拾音要用多声道特殊的处理方式，在接收端也要用相应的解码电路，解出HDTV数字码流，得到高清晰度电视图像和环绕声音响。

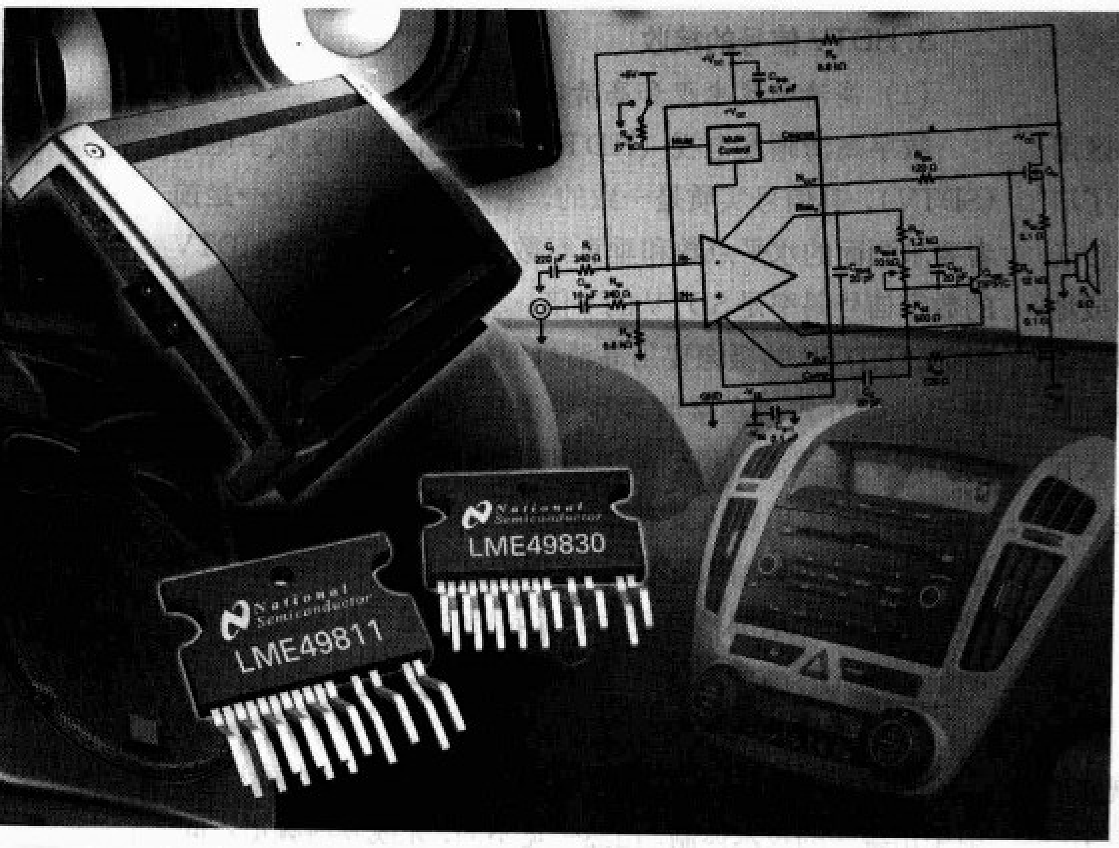
高清晰度电视机要具有1920 × 1080或1280 × 720的图像分辨率和5.1声道伴音，才能得到HDTV声像效果。通常，只有在显示屏幕比较大时高清晰度显示的效果才比较明显，因此，高清电视显示屏常在30英寸以上。

（2）高清晰度电视的接收

地面无线接收：数字HDTV和数字SDTV的地面无线发射采用统一的技术体制，虽然带宽不同，无线发射频道不同，可以采用同一的接收电路接收。具有收看HDTV性能的电视机，可以解出HDTV码流，并显示HDTV的图像和伴音。

2006年，我国颁布了数字电视地面无线发射技术标准，标准中包括单载波和多载波两种不同的调制方式，目前各主要城市的电视发射台和电视机生产厂家，正在积极落实中。自2008年1月1日起，北京中央广播电视塔在33频道，使用单载波方式播出1套HDTV节目，用户需要使用外接天线和单载波高清机顶盒转接收看。将该机顶盒的输出接到高清电视机，就可以看到高清晰度电视节目；高清机顶盒还具有高清／标清转换功能和兼容接收标清数字电视的功能，可以接到普通电视机收看，但看到的是标准清晰度的电视效果。目前市场上出售的电视机尚不能直接收看高清或标清无线数字电视节目。目前北京中央广播电视塔还在32频道播出标准清晰度数字电视节目，使用的是多载波播出方式，需要使用多载波数字机顶盒接收。

有线电视中的HDTV：有线电视系统正在由模拟信号播出向数字信号播出过渡，由于现在的高清电视是数字信号，模拟电视系统无法传送，只有已经改为数字有线电视的网络才能传送高清电视信号。另外，HDTV需要相应的信号解出电路，要用具有HDTV信号解出功能的机顶盒才能收看。因此，在有线电视中收看高清晰度电视，要有数字有线电视网、HDTV机顶盒和高清电视机。有线高清机顶盒可以到有线电视公司购买，该机顶盒可以兼容收看有线电视中播出的其他数字电视节目，并可以将HDTV转换成SDTV信号，这样，就可以使用家中的普通电视机收看高清电视节目，当然，显示的是标准清晰度电视效果。



国半新型音频芯片应用专集

LME49811 设计与应用

文 / 杨宇洸

一、LME49811 的简介

LME49811是美国国家半导体公司出品的高性能的高电压音频驱动IC。它具有可变的输出功率、较少外部零件、温度保护关机等特性。LME49811 是 LM4702 的单声道版本，但是它的性能比LM4702要更上一个台阶，如16V/μs的转换速率、9mA的输出驱动电流、更宽的工作电压范围（±20~±100V）以及小巧的外观。芯片的单声道功能对设计功率放大器来讲比较灵活，分离度等指标也可以做得更高。用它可以组建高性能的功率放大器，如有源监听音箱、吉他放大器、专业音响系统、高质量个人音乐系统以及运用在高电压的工业设备上。

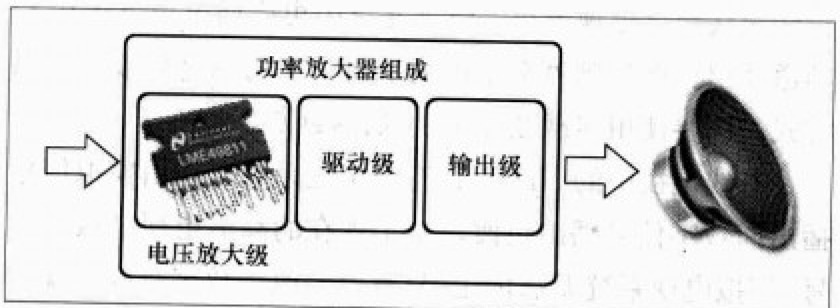


图 1

设计一款功率放大器通常采用图1所示的模式，即包括电压放大级、驱动级和输出级等电路，其中还要有电流源电路等。如果是用一个分立元件设计的功率放大器，那么这部分要有几十个元器件组成，驱动级和输出级一般都有固定的电路模式。用 LME49811 可以替代功率放大器中整个电压放大级电路，这样可以减少元器件的数量，减小PCB的尺寸，会使整个设计变得简单，有助于实现体积小巧和优异性能的完美结合的设计理念。

LME49811采用15脚TO-247的封装，体积比LM4702的TO-220小巧很多。它内部完整集成了功放电压放大级的所有电路，包括过热保护电路和静音电路。外部引脚非常简单。因是单声道的设计，其中有6个引脚并没有使用，在PCB设计中可以借用这些引脚方便布线。引脚功能说明见表1。

LME49811 的关键参数有：（1）宽工作电压±20V~±100V；（2）电源抑制比（f=DC）115dB（典型值）；（3）总谐波失真及噪声（f=1kHz）0.00035%（典型值）；（4）输出驱动电流 9mA；（5）摆幅电压 $68V_{RMS}$（±100V）。

高质量的数字音频系统都具有大的动态范围，它们能够比较忠实地重现原汁原味的音乐，其参数见表2。

二、LME49811 外围电路的设计

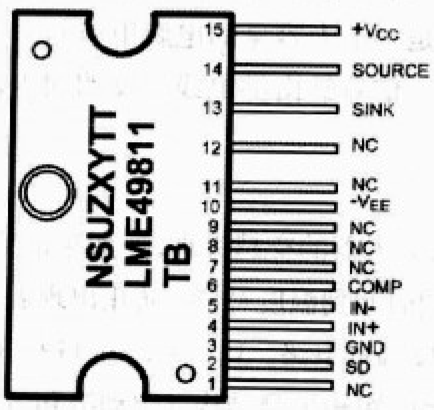
图2所示的是用 LME49811 为核心设计的功率放大器的原理图，电路结构比较简单。VT1 为温度补偿晶体管，VT2和VT3组成驱动级，VT4和VT5为功率输出级。下面介绍 LME49811 的外围器件的工作参数、内部功能和使用要点。

（1）静音控制

LME49811的关闭（静音）功能由其2脚流入电流的大小来控制。如果流入2管脚的电流小于1mA，则执行关闭，将2脚与地连接即可。如果有1mA~2mA的电流流入第2脚，它将工作在“PLAY”状态，可通过一个电阻连接到一个参考电压来实现。根据公式，$I_{SD}=(V_{REF}-2.9)/R_M$。推荐的电流值为1.5mA，V_{REF}为参考电压。原理图中参考电压取正电源电压45V，那么计算得出R_M约为28kΩ。大于2mA

表1 LME49811TB 引脚功能说明

TB 封装 (TO-247 / 15)



引脚	名称	中文名称
1	NC	无连线
2	SD	关机控制
3	GND	芯片接地
4	IN+	非反相输入
5	IN−	反相输入
6	COMP	外部补偿连线
7	NC	无连线
8	NC	无连线
9	NC	无连线
10	$-V_{EE}$	负电源供应
11	NC	无连线
12	NC	无连线
13	SINK	输出接收点
14	SOURCE	输出源
15	$+V_{CC}$	正电源供应

表2 LME49811 电气参数概括 ($+V_{CC}=-V_{EE}$=100V)

符号	参数	条件	典型值	单位
I_{CC}	静态供电电流	V_{CM} = 0V，V_O = 0V，I_O = 0A	17	mA
I_{EE}	静态供电电流	V_{CM} = 0V，V_O = 0V，I_O = 0A	19	mA
THD+N	总谐波失真及噪声	无负载，带宽 =30kHz V_{OUT} =30V_{RMS}，f = 1kHz	0.00035	%
A_V	闭环增益		26	dB
AV	开环增益	f = DC，V_{IN} = 1mV_{RMS}	120	dB
V_{OM}	输出电压摆幅	总谐波失真及噪声 = 0.05% f = 20Hz~20kHz	68	V_{RMS}
V_{NOISE}	输出噪声	带宽 = 30kHz，A_V=29dB	100	mV
I_{OUT}	输出电流	输出端短路	9	mA
I_{SD}	流入关机控制引脚的电流	放音模式	1.5	mA
SR	压摆率	V_{IN} = 1.2V_{P-P}，f =10kHz 方波 输出短路	17	V/ms
V_{OS}	输入偏移电压	V_{CM} = 0V，I_O = 0mA	1	mV
I_B	输入偏压电流	V_{CM} = 0V，I_O = 0mA	100	nA
PSRR	电源抑制比	f = DC，以输入电压为参考	115	dB

的流入电流可能会造成LME49811的损坏。静音电阻R_M的一端通过一个拨动开关，连接到“地端”或是参考电压，可以完成关闭模式与放音模式的切换。需要注意的是，如果缓慢增大这个关闭电流，将会在输出端产生危险的直流电压，烧毁扬声器。

（2）温度保护电路和散热

LME49811芯片设有过热保护功能，以免芯片长期过热受损。每当管芯温度升越150℃时，芯片便会进入过热停机状态。当管芯温度下跌至145℃左右时芯片便会恢复操作。因此，对于这种暂时性的故障情况，芯片有可能容许其温度上升至较高的状态，但若故障情况不断重现，芯片便会在150℃的过热停机温度与145℃之间不断进行开关机状态切换，以确保温度不会超过芯片所能承受的限度，这样即使芯片长期处于故障边缘的状态，也不至于将其烧毁。由于管芯温度的高低取决于所采用的散热器，因此需要精细挑选散热器，确保芯片在正常运作的情况下不会触发过热停机功能。

LME49811的外置散热器可以根据工作电压的大小计算功耗来选择，还要考虑工作环境的温度情况。功耗计算公式$P_{DAMX}=I_{CC}\times(V_{CC}-V_{EE})$，当在最大工作电压下$+V_{CC}=-V_{EE}$ = 100V，P_{DMAX} = 3.4W。LME49811背面有外露金属部分，其内部与电源相连，外部散热器要注意与周边金属部分绝缘。

管芯与四周空气之间的热阻（即结与环境之间的θ_{JA}）是3个热阻值的和，$\theta_{JA}=\theta_{JC}+\theta_{CS}+\theta_{SA}$。亦即$\theta_{JC}$（结与外壳之间）加$\theta_{CS}$（外壳与散热器之间）加$\theta_{SA}$（散热器与环境）。LME49811芯片的结与外壳之间的热阻值（θ_{JC}）是4℃/W。若采用耐热的镍铜合金，外壳与散热器之间的热阻值（θ_{CS}）约为 0.2℃/W。由于热能的对流作用（功率耗散）与电流的流动方式大致相同，因此热阻与电阻在性

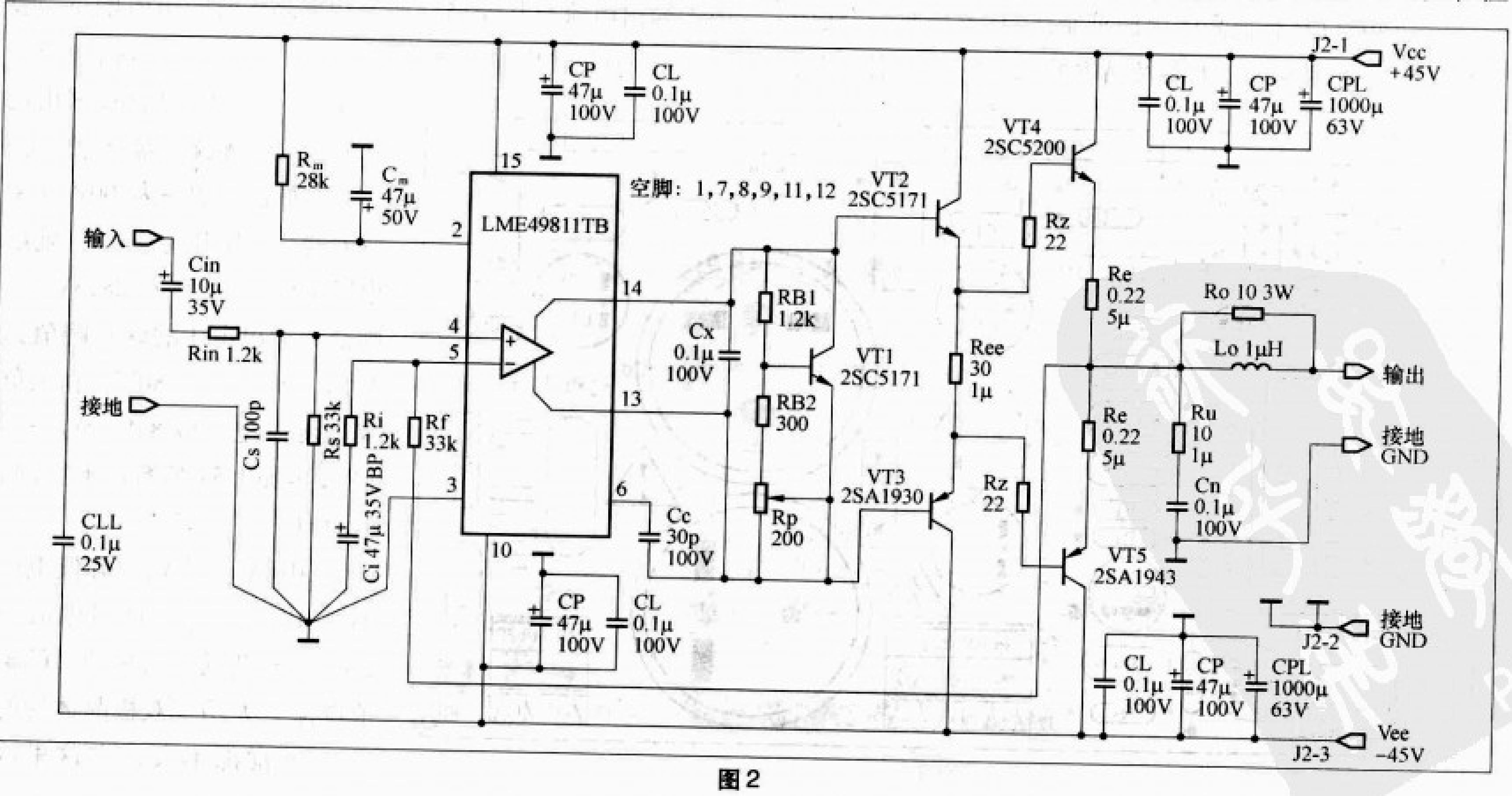


图2

质上有点相似，而温度的下跌与电压的下跌也十分相似。根据上一步计算出的LME49811芯片的功率耗散，可以利用以下公式计算出来热阻：$P_{DMAX}=(T_{JMAX}-T_{AMB})/\theta_{JA}$，其中$T_{JMAX}=150$，$T_{AMB}$为环境温度。

（3）反馈电路参数

LME49811的稳定工作增益至少要大于26dB，低于这个值，无法确保系统的稳定性。增益计算公式$A_V=1+R_F/R_i$，R_i及C_i的耦合会产生高通滤波作用，低频增益以致响应都取决于这两个电路。反馈电阻上可以并联一个小容量电容，对于高频加大反馈，有效防止振荡。

有关的－3dB转折频率点可以利用以下的公式计算，$f_i=1/(2\pi R_iC_i)=1/(2\times3.14\times1.2\times47)\approx3(Hz)$。我们若利用输入耦合电容器（$C_{IN}$）阻截来自输入端的直流电，$C_{IN}$与$R_{IN}$的耦合又会成为另一高通滤波器。因$C_{IN}$与$R_{IN}$的耦合而产生的－3dB频率响应可以利用以下的公式计算出来：$f_{IN}=1/(2\pi R_{IN}C_{IN})\approx13(Hz)$。

（4）补偿电容的重要

补偿电容C_C的电容值与放置位置有密切的关系，是关键的外置元件之一。它应该靠近LME49811的位置放置，应选择云母电容，因为这类电容性能较为稳定。C_C的取值影响到IC的转换速率。在额定的输出功率及工作频率范围内，适量地采用镀银云母电容器可确保系统稳定的同时使压摆率维持在最高的水平。图2所示的补偿电容（C_C）值应视为初始的数值，可经过基准测试及聆听测试而得出最优化的C_C容值，这可令系统发挥出最好的音频效果。

（5）旁路电容的重要

LME49811具有很高的电源抑制比，它不需要一个稳压电源供电。所有运算放大器及功率放大器的供电引线旁边应加设低电感电容器。这些电容器应摆放于靠近封装引脚的位置，而且引线应较短。旁路电容对于IC工作的稳定性非常重要。旁路电容通常是一个大容量的电解电容与一个小容量电容并联，防止高频信号经由供电线路反馈回内部电路。

三、输出级的设计

为了减小AB类推挽式放大器的交越失真，一般采取V_{BE}倍乘电路作为偏置电路，同时起到温度补偿，防止出现温度失控。由R_{B1}～R_{B2}，R_P组成偏置电路。$V_{BIAS}=V_{BE}[1+R_{B1}/(R_{B2}+R_P)]$（V）。由于是两级输出级结构（驱动级和输出级），所以偏置电压应为$V_{BE}\times4=2.4V$，空载电流由多圈可调电阻R_P调整偏置电压决定，在电压2.4V左右调整。根据原理图中的元件参数，偏置电压可变范围在2V～3V之间。

双极型输出晶体管与V_{BE}倍乘电路晶体管应采用同一散热器，使两者的温度同步升降。当输出级晶体管受热之后，V_{BE}倍乘电路晶体管会因受热而流通更多的电流。这样会限制流入输出级晶体管的基极电流，有助于缓解可能出现的温度失控。采用电阻值较小的射极电阻(R_E)是另一个较常用的防止温度失控的方法。随着电流上升，射极电压也上升，令基极与射极之间的电压也受影响而下跌。这个机制有助于限制电流的增量，对防止温度失控也很有帮助。在这里使用阻值为0.22Ω/5W的无感功率电阻。

输出级设计和驱动级电路

LME49811的外接输出级为双极型晶体管推挽结构。如果输出级没有设计上的问题，在±100V的电源供电的情况下，便可为8W负载的扬声器提供高达500W的输出功率。由于输出电流有几安培，加上功率晶体管的电流增益一般都较低，因此输出晶体管需要较高的基极驱动电流。一般来说，为了提高电流增益，采用达林顿类的音频放大器较为理想。

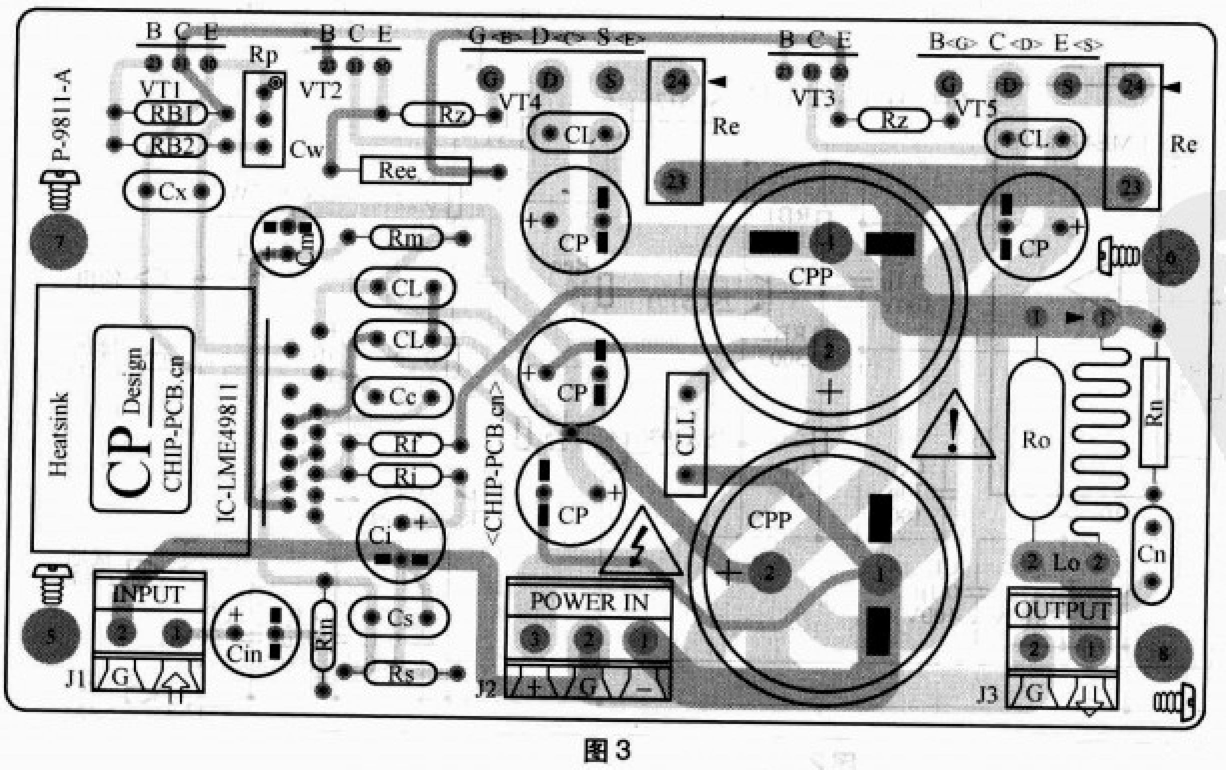


图3

例如目标功率为100W功率放大器，负载阻抗为8Ω，输出电压$V_O=\sqrt{P_O}\times Z=28.3V_{RMS}$，则最大输出电压的峰－峰值为$28.3\times\sqrt{2}\times2=80V$。在正负双电源供电，取80V的一半40V，再加上5V的富裕电压，则电源电压取±45V。

100W功率输出峰值电压为±$40V_{peak}$，此时电流为$5A_{peak}$，即为功率管要流过的瞬值电流。大功率双极晶体管的h_{FE}通常都不大，在这里取

h_{FE}=60，则必要的输出级晶体管基极电流为5A/60=83mA，驱动级晶体管的 h_{FE} 取 100，那么结果从 LME49811 提供 83mA/100=0.83mA 电流。这个值在 LME49811 输出电流能力内，不会因过载而引起失真。此外，驱动级 R_{ee} 电阻阻值决定驱动级电流，驱动级静态电流 $=2V_{BE}/R_{ee}$。

四、LME49811 的 PCB 的设计

PCB 布线分为 4 部分：（1）板子上部是晶体管的位置，要使其便于安装在散热器上；（2）左下部分是信号输入与 LME49811芯片及外围电路的位置（预留了LME49811的散热器位置）；（3）中下部分为电源输入和电源电路的位置；（4）右下部分是扬声器输出和补偿网络的位置。

为了确保音频放大器充分发挥其性能，系统必须采用可靠而稳妥的线路布局，尤其要确保输出晶体管的负载地线、电源地线以及低电平（反馈及输入）地线都分别经由不同的路径返回印制电路板的共同接地。这种接地方式称为星形地线网或单点接地。此外，为了减低电路板线迹电阻及电感产生的干扰，0.1μF 的旁路电容应尽量放置在靠近 LME49811 芯片的位置。

只要大致上按照以下的建议进行设计，便可优化印制电路板的线路布局并避免出现地线环路的问题：（a）放置元件时，要留意左右两边是否对称；（b）高电流线迹，例如输出路径线迹，最好尽量粗大，以便符合输出级电流的规定。（c）为了减低电路板线迹的电阻及电感，相同的接地返回路径应尽量缩至最短。在可能的情况下，输出线迹也应尽量缩短，而且确保长度一致。（d）为了减低电路板线迹的电阻及电感，接地返回路径尽应量缩至最短。（e）若情况许可，应尽量依从星形地线网或单点接地的设计规定。如能在设计印制电路板之前先作较为周详的计划，对改善音频效果会有很大的帮助。

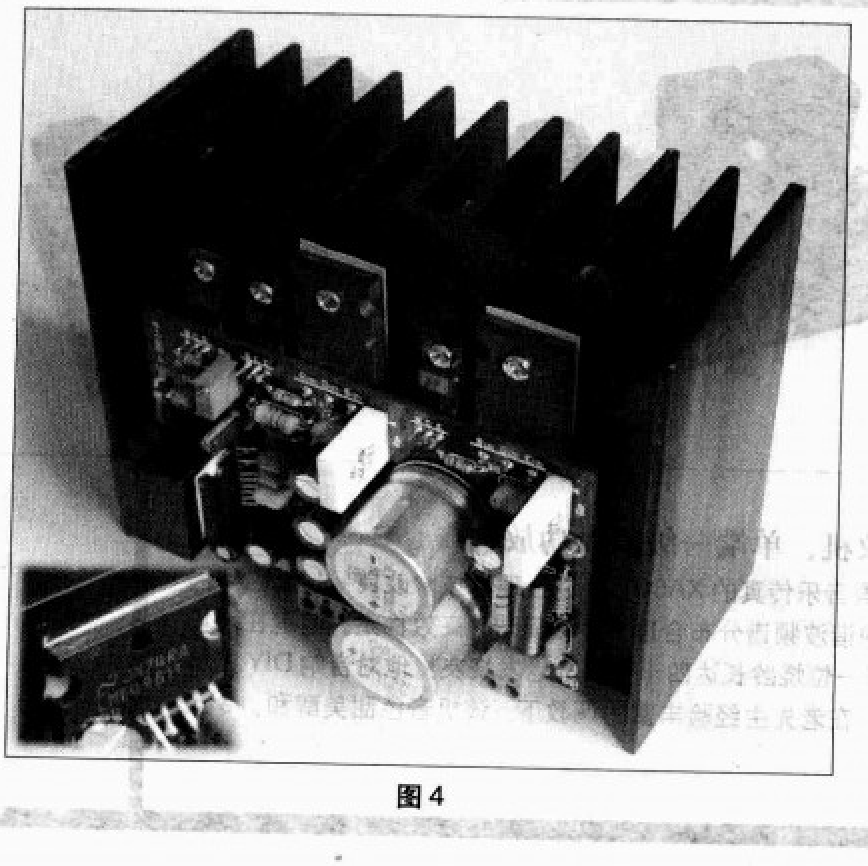
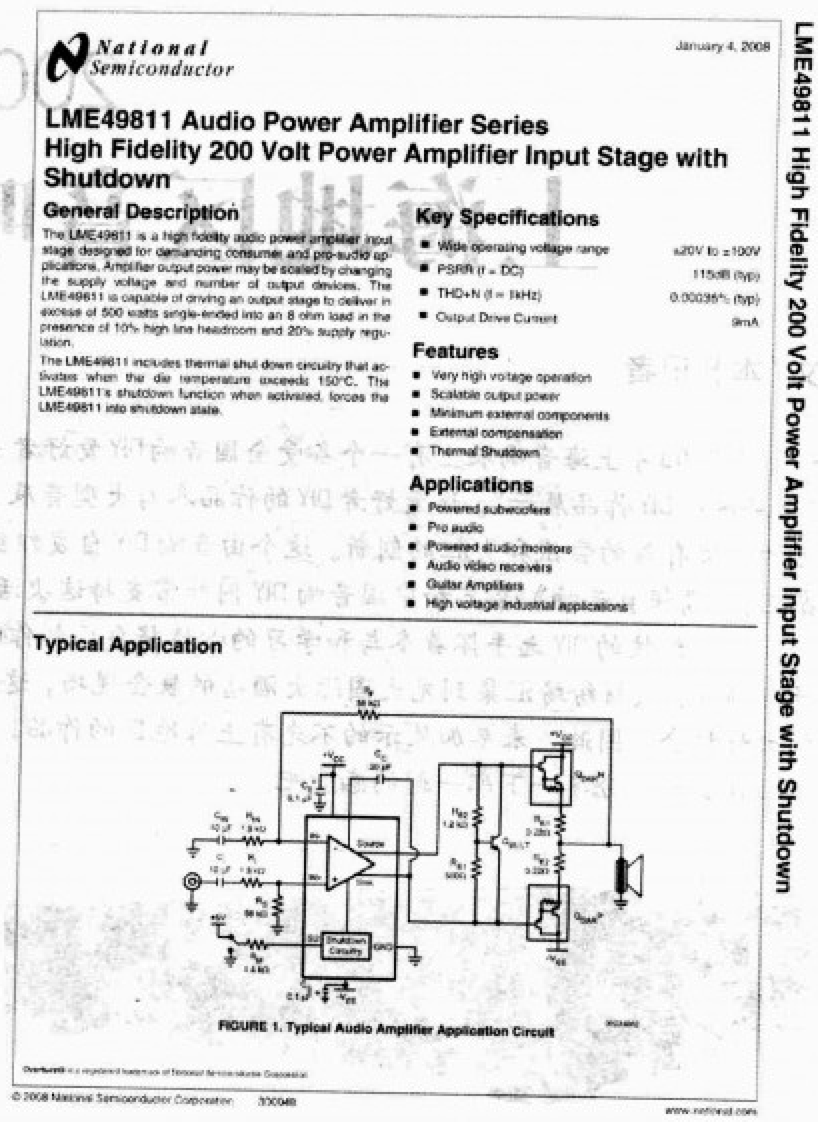


图 4



National Semiconductor

January 4, 2008

LME49811 Audio Power Amplifier Series High Fidelity 200 Volt Power Amplifier Input Stage with Shutdown

General Description

The LME49811 is a high fidelity audio power amplifier input stage designed for demanding consumer and pro-audio applications. Amplifier output power may be scaled by changing the supply voltage and number of output devices. The LME49811 is capable of driving an output stage to deliver in excess of 500 watts single-ended into an 8 ohm load in the presence of 10% high line headroom and 20% supply regulation.

The LME49811 includes thermal shut down circuitry that activates when the die temperature exceeds 150°C. The LME49811's shutdown function when activated, forces the LME49811 into shutdown state.

Key Specifications

Wide operating voltage range	±20V to ±100V
PSRR (f = DC)	115dB (typ)
THD+N (f = 1kHz)	0.00036% (typ)
Output Drive Current	9mA

Features

- Very high voltage operation
- Scalable output power
- Minimum external components
- External compensation
- Thermal Shutdown

Applications

- Powered subwoofers
- Pro audio
- Powered studio monitors
- Audio video receivers
- Guitar Amplifiers
- High voltage industrial applications

Typical Application

FIGURE 1. Typical Audio Amplifier Application Circuit

© 2008 National Semiconductor Corporation 300048

www.national.com

LME49811 High Fidelity 200 Volt Power Amplifier Input Stage with Shutdown

图 5 LME49811 的 PDF 文件

五、安装与调试

好马配好鞍。选用优质的，性能可靠的元器件对发挥 LME49811的性能非常重要。例如：前面讲到的补偿电容 C_c 应选取性能稳定的云母电容。其他小容量电容选用 CBB 电容。输入电容和反馈电容对音质影响较大，在模块上用了无极性电解电容。与电源有关的电容耐压值，选择时一定要留有余量。输出级功率管选 2SC5200/2SA1943 大功率对管。驱动级和温度补偿三极管用塑封中功率管 2SC5171 和 2SA1930。

为了保证大功率下散热效果，散热器要选取有效散热面积足够大的、厚一些的热沉板。

用 LME49811 组建的功放模块调试很简单，焊接装配好后，检查无误，即可上电测试。一般情况下只需通过多圈可变电阻的调整达到对功率输出级晶体管作静态电流调整。图 4 所示的是装配好的功放模块。

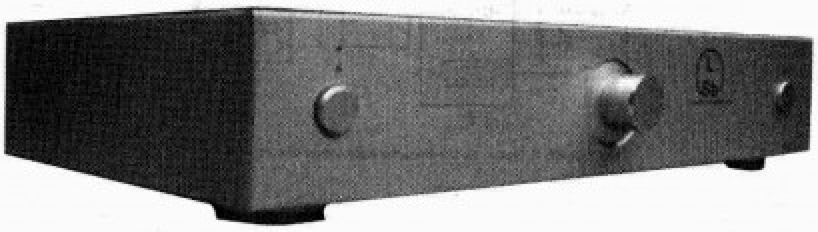
有关 LME49811 的详细资料可到美国国家半导体公司的网站上去查找，该公司的网址是：www.national.com/pf/LM/LME49811.html。

2008 年
上海地区音响DIY作品展

文/本刊记者

在2008年上海音响展上有一个备受全国音响DIY爱好者关注的活动，这就是与国内外名机名器在同一个舞台上亮相的“上海地区DIY作品展示”。让爱好者DIY的作品参与大型音展，让各路民间高人大显身手、展示自己的作品是本届音展主办方的一次有益的尝试和大胆的创新。这个由音响DIY自发组织的活动确实给本届音展带来了活力，增加了亮点。《无线电》杂志、《高保真音响》杂志和中国音响DIY网非常支持这次活动并为音响DIY作品秀提供了奖品。

身怀绝技的DIY选手怀着参与和学习的心情将自己制作的CD机、解码器、前级、后级、合并机、胆机、音箱、有源电子分频箱、线材纷纷汇集到光大国际大酒店的展会现场。这是一个从网络交流中走出来、相互认识、切磋手艺、展示自我的大好机会，因此，来参加展示的不光有上海地区的作品，还有来自苏州、宁波、常州、泰州、成都、佛山等地的作品。下面让我们来分享一下那一刻的感受吧。



王小平的电流传输合并功放

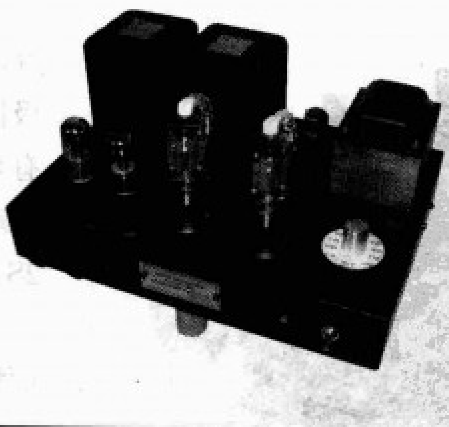
该机的技术特色是采用全电流传输模式电路、失真低，瞬态好，主观听感表现为声音的中高频密度很高，层次分明，纤细悦耳非常耐听。王小平曾在国办DIY大赛上荣获一等奖，他的电流传输合并功放是很多发烧友期盼已久了。为了参加这次展示，王小平熬了两个通宵对功放进行精密地调整。次日，王小平又将功放做了进一步改进，获得了更佳的效果，他这种精益求精的工作态度很令人敬佩。

“激光鼠”的3886功放

“激光鼠”是这次活动的组织者，为这次的DIY盛会做出了巨大的贡献。他的作品是采用大名鼎鼎的LM3886高保真芯片制作的功放。“激光鼠”对LM3886有长达数年的研究，理解深刻。他自行设计的电路针对LM3886的特点扬长避短，性能卓越。对比笔者见闻的同类作品，这款LM3886功放驱动力强劲、层次分明、余韵悠长。

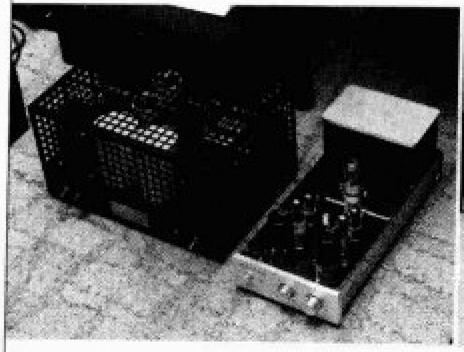
“Julien”的通用甲类单端胆机

该机最大的特色是有可玩性，只需拨动切换旋钮到特定的电子管型号，插上相应型号的电子管，就可以更换多种胆管播放。虽然是单端胆机，但失真却是同类机型中非常低的，频响宽阔，主观表现层次感良好，声音鲜活，高频细腻飘逸。“Julien”是音响DIY网胆机版的“J版主”，他在网上耐心地给大家解答过许多技术问题和提供了很多宝贵的电路资料，通过展会才知道这位有修养、有耐心的“J版主”原是一位三十刚到的英才青年。



“myshq”的MX50功放机、单端一级放大功放机

该机线路原形取自于英国音乐传真的XA50，经过合理的技术改良，加之独到周密的制作，效果出众。此机的谐波频谱分布合理，线路简洁，高效稳定。笔者在现场了解到，“myshq”老先生是一位烧龄长达四十多年的老发烧友，他对音响DIY始终如一的探究和实践令人钦佩。在老先生经验丰富的调教下，该机音色甜美醇和，令人久听不厌。

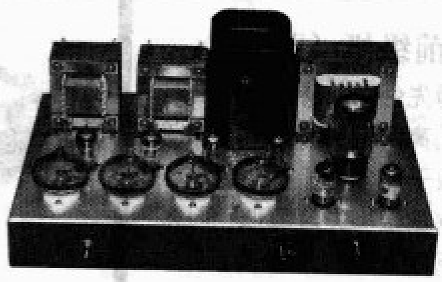


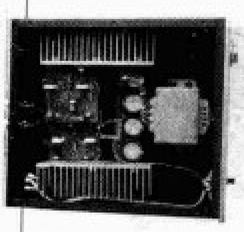
“老沈”的15英寸全频同轴音箱和6550单端后级、小前级

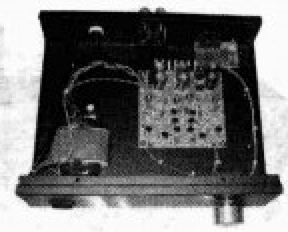
此次展会的另一位老前辈“老沈”已年届71岁，是一位作品面广的老发烧友。“老沈”此次带来的6550单端胆机与其分体胆前级用料精良，采用了大型输出变压器，加强了低频。实际表现低频从容不迫，具有古典胆机甜美的音色。除了功放制作，“老沈”还擅长于音箱和扬声器单元制作。他带来的全频音箱设计合理，而这款音箱灵魂——15英寸全频单元更是由“老沈”亲手制作，工艺精美，音色温暖顺滑。

“沙迦”的MX50后级和品尝版前级（苏州）

无独有偶，从苏州特地赶来参加活动的“沙迦”先生所制作的功放，也采用了MX50线路；与之配合的品尝版前级则是一款0dB放大的缓冲型前级。该前级的失真非常低(<0.005%)，频响宽阔。前后级两款机器的制作皆紧凑美观，声音丝丝入扣，透明度高，动态优良。“沙迦”虽然年仅28岁，但亦是一位DIY作品的高产户，网上流行的作品他几乎全都尝试过。他的DIY作品将会陆续刊登在《无线电》杂志上。





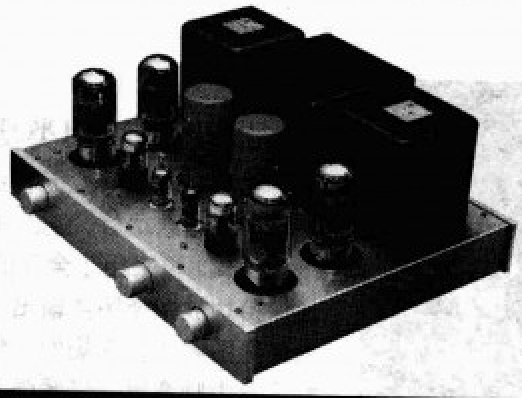


“老宋”的直热三极管3W推挽胆机

该机特点是采用少见的美国军用直热三极管703A做推挽输出放大，外形独特别致，在同类胆机中失真低（满功率输出<1%），谐波丰富。该机音色甜美顺滑，温暖宜人，引起了在场观众的极大关注。老宋先生不仅是音响发烧友而且也是仪器发烧友，在他家里有全套比较专业的测试仪器，他的这款功放之所以好声，全靠他用仪器一点一点调试出来的，他的作品介绍和调试经验将会刊登在《无线电》杂志上。

“Samyang”的2台6550推挽胆机

该机的外观美观，让人眼前一亮。两款机器都采用了6550型电子管做推挽输出。一款采用宽频线路，瞬态指标优秀，失真低，制作精良，该机的声音快速迅猛，丝毫不让晶体管机半分；另一款更是采用了进口Auray输出变压器，配合全对称线路，既有电子管推挽机的动态，又兼备单端机甜美细腻的音色。“Samyang”虽然是一位年轻、阳光的靓仔，可在网络上他是大名鼎鼎的发烧版主。



“小丫”的音箱（常州）

来自常州的音箱爱好者“小丫”为了参展，带来了3款箱，十分不容易。这3款音箱分别是：D2.1SE、T6豪华同轴以及为本次展会赶制出来的D3.2SE落地箱，这几款音箱给大家的第一印象就是做工精良，足以媲美商品音箱。小丫的音箱依照惠威扬声器的特点，自行测试制作的音箱很好的发挥了单元的性能。不仅外观精美，声音也平衡准确。

“biglee_163”的甲类后级

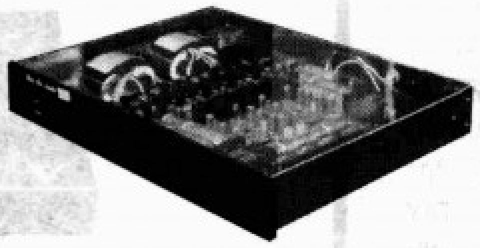
biglee_163先生是科班出身，设计严谨，制作认真。该机采用了主流的全对称电路，由于采用了不需温度补偿的精密偏置电流电路，使得这款甲类功放异常稳定安全。biglee_163是展会次日第一个开声的，其音色优美直逼胆机，兼得优良的驱动力和分析力，得到在场所有人的赞赏。大家称他的作品是专业机型，值得借鉴学习的。有兴趣了解这款功放具体制作的烧友可参看本期杂志第28页的文章。

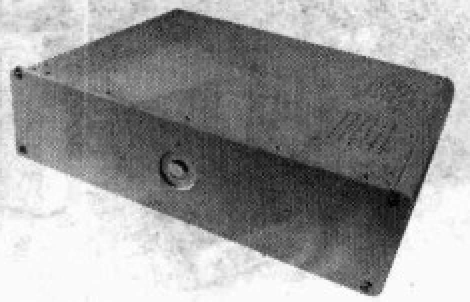
魏涛的仿高文前级机（西安）

远在西安的魏先生此次特意寄来自己多次修改定型的仿高文前级参展。这款前级的线路原型来源于瑞士名厂高文的一款前级，特点是频响宽阔、失真很低，因多次修改定型，在网络上关注度很高。

“神马精灵”的音响艺苑9周年解码器

“神马精灵”是网上著名的音频解码器爱好者。本机从线路到PCB皆由他本人设计，工艺优良，布局合理，用料考究。该机特点是解析度和信噪比高、动态凌厉、分析力细腻、声音极具音乐味。



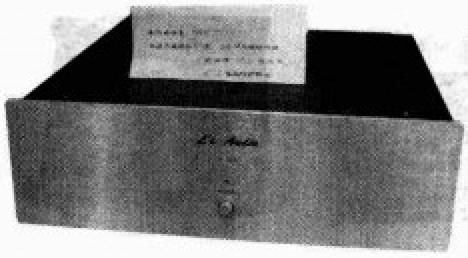


“FUMAC”的D类后级（来自佛山）

FUMAC先生是研究D类功放的专业人士，具有很高的技术水准，制作的D类功放技术含量比较高，开关频率达到1MHz以上，失真低，输出功率大，具世界领先水平。该款功放整体素质优秀，做工简洁大方，特别是耗散功率很小，而其平衡的音色和流畅的乐感更给人留下深刻的印象。

“HiFi1231”的前后级功放（宁波）

HiFi1231是来自宁波的小伙子。此次他带来的前级是参考美国名机CAT-1胆前级仿制的，该机失真极低，频响宽阔，动态良好，可媲美高品质的晶体管前级。而后级是甲类全对称功放M2，机器的电压放大部分采用了模块化制作，可随意替换，很有新意。为了此次参展，他在之前的两个星期就开始全身心地调整他的功放，以至于身边的儿子摔倒在地。功夫不负有心人，他的功放的确很有特点，音色明亮而柔和，声音有弹性。

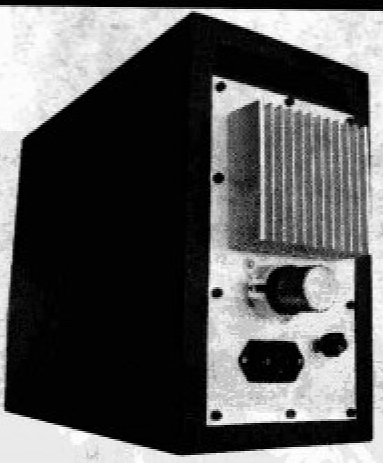


“小沈”的自由甲类功放

这是一款由分立元件组成的没安装外壳的裸机功放，然而可不要小看这款功放，它是由制作者自行设计开发命名的自由甲类概念机。此机采用了全新的电路模式，在不增加功耗的前提下仍能保持功放做纯甲类输出。“小沈”先生本人非常自信，他用自创的矢量图解法为在场的各位讲解其原理。该机一开声就获得不少好评，中频宽厚，低频弹跳力良好，高频纤细。

“blue7”的有源电子二分频书架箱M1（泰州）

该机是用惠威M1音箱改造的有源电子二分频箱，该音箱被安排在次日做压轴展示，一开声便引来现场观众的“啧啧”称奇。该箱的特点是采用了合金输入变压器，内置两套完全一致的晶体管分立功放同时驱动高低音单元，以保持音色的一致性。同时，“blue7”先生采用了自行制作的测量仪对该箱进行了调试，使其达到了监听箱的技术指标。这款有源音箱的具体制作和调试将刊登在《无线电》杂志上。



来参展的作品很多，这些作品都是发烧友多年DIY的精髓，由于篇幅所限，无法一一介绍。总之，眼看、耳听、面对面的切磋，这种氛围和感觉非常美妙，不在现场的朋友很难体会到。

最后我们要对为这次展示会提供器材和帮助的洋凡影音公司、“徕卡”先生、“相位传真”先生、“RLC”先生等表示感谢。

《无线电》、《高保真音响》、铁三角（大中华）有限公司联合举办

铁三角耳机放大器设计大赛

铁三角作为高端耳机的代表一直受到广大耳机爱好者的推崇——迷人的声音、醉人的音色、让人为之倾倒的分析力……这一切的一切都让喜欢铁三角的人为之神往。在之前的评测中，铁三角拥有传奇色彩的耳机放大器HA2002与限量版耳机A950LTD的搭配让听过的人都感叹其声音的美妙动听。为了能让更多的人领略到铁三角耳机的动人音色，《无线电》杂志、《高保真音响》杂志、铁三角（大中华）有限公司联合发布“铁三角耳机放大器设计大赛”活动，只要你对自己的DIY或者设计成品有信心，只要你觉得你的制作会让更多的人听到从铁三角耳机上流淌出的美妙音乐，那就赶紧来参加吧，除了能够有丰富的奖品回报，获奖作品还能有机会参加铁三角耳机的2009年全国巡展。

ATH-W5000

参赛办法

对其感兴趣的朋友只需要通过E-mail（zhangyan@radio.com.cn）发来申请，来信主题请注明“申请参加铁三角耳机放大器设计大赛”，在邮件中写明您的姓名、邮编、地址、工作单位、联系电话、您对于铁三角耳机的认识、为其设计耳放的思路、具体设计电路或者已经制作成型的耳放图片即可，我们会从申请中选择具有比较成型设计的申请者发送A950LTD耳机，进行为期15天的试用，帮助申请者调试和完成设计，使其参赛作品更能把铁三角耳机推动得淋漓尽致。报名截止日期为2008年10月31日，我们会在2009年1月的《无线电》杂志、《高保真音响》杂志上公布获奖名单。

ATH-A950LTD

参赛要求

参与者要具有一定电子学基础，有设计耳机放大器经验为佳，可以采用任何电路形式，电路成本控制在1000元以内（包括电路板、元器件、电源部分等纯内部制作成本）。参赛作品在完成后要寄到杂志社并附加制作报告和成本清单。

评奖办法

《无线电》杂志、《高保真音响》杂志、铁三角（大中华）有限公司将联合组成评审小组，对所有的参赛作品进行评选。

评审小组对本次大赛评选规则和大赛细节具有最终解释权，公平、公正是本次大赛的宗旨。

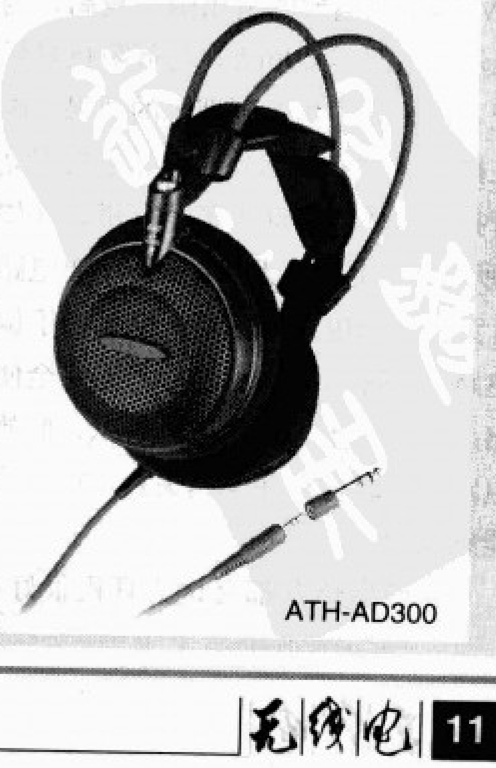
奖项设置

一等奖（1名）：铁三角耳机旗舰 W5000

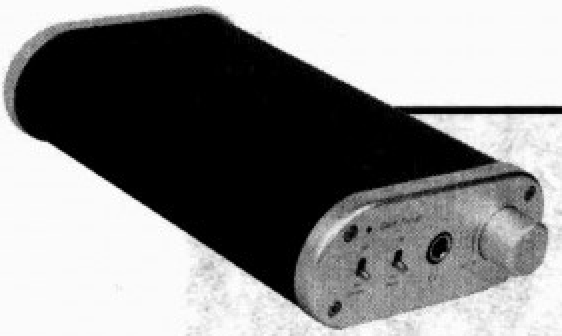
二等奖（2名）：铁三角限量版耳机 A950LTD

三等奖（3名）：铁三角耳机 AD300

入围奖（若干名）：《无线电》或《高保真音响》CD集萃


ATH-AD300

always listening
audio-technica®
永远在聆听
鐵三角®



耳放制作专题

TW-J9 小型晶体管耳机放大器

文/吴 刚

一、设计理念

浓缩的才是精华，这款小型晶体管耳机放大器是采用运放器＋晶体管扩流器件设计的，其特点是价格便宜、体积小巧、内部元器件安排合理。电源部分采用单桥整流方式，滤波后采用低内阻三端稳压，使滤波噪声较低。三端稳压器采用美国国家半导体有限公司的LM317，它的性能指标较高、噪声较低。放大电路采用美国国半公司最新推出的运放之皇——塑封LM4562NA、金封LM4562HA。该运放噪声低、动态大、失真低、音场宽阔、价格适中，非常适用于制造耳机放大器。互补推挽扩流放大管采用的是东芝公司的晶体管，该管具有中频饱满、韵味纯厚、音质通透、失真低等特点，可以提高对负载的驱动能力。这款放大电路设有低音提升功能，能将100Hz低音进行提升（0dB～3dB），使放大电路在低频得到一个等响度曲线，小音量更加有动态感。频率响应是一项非常重要的指标，该放大电路高频响应也非常不错，高频达到500kHz(−1dB)，它能令声音通透、解析力高、音场表现更趋完美，这正是采用了最新架构设计的成果。

二、电路设计

小型耳机放大器最好选用集成运算放大器，经过综合考虑，本耳放选用外形尺寸小的LM4562双运放作为主放大器件，具体电路如图1 所示。由于LM4562双运放的输出阻抗较高，输出电流小（只有20mA）与低阻抗耳机匹配不是太好，达不到理想的效果，因此在推动运放输出部分要增加中功率晶体管扩流，才能推动大部分耳机，其如图2所示。该电路是无需调试，只要电路设计无误，通电即可放音，但是由于偏置电路由2只IN4148组成，不能完全使输出晶体管处于导通状态，所以，此放大电路工作时还存在交越失真，在听感上能感觉到。

一般发烧友都会认为耳机很好推，因为耳机离耳朵近，单体振膜小、效率很高，只要接上CD机即可推动。就耳放来讲，几十毫瓦的输出功率即能可以把耳机驱动得很好，但是要推出好声，就不太容易，其实这与阻抗匹配很有关。大部分耳机的平均阻抗范围从32Ω～300Ω，低阻抗的耳机在一般耳放的驱动下可推出正常的音量，而

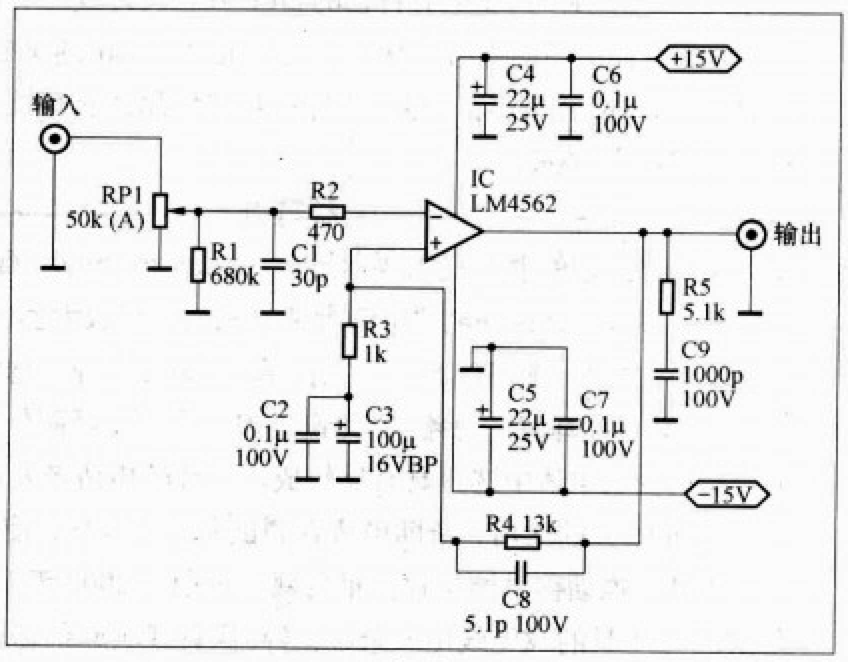


图1

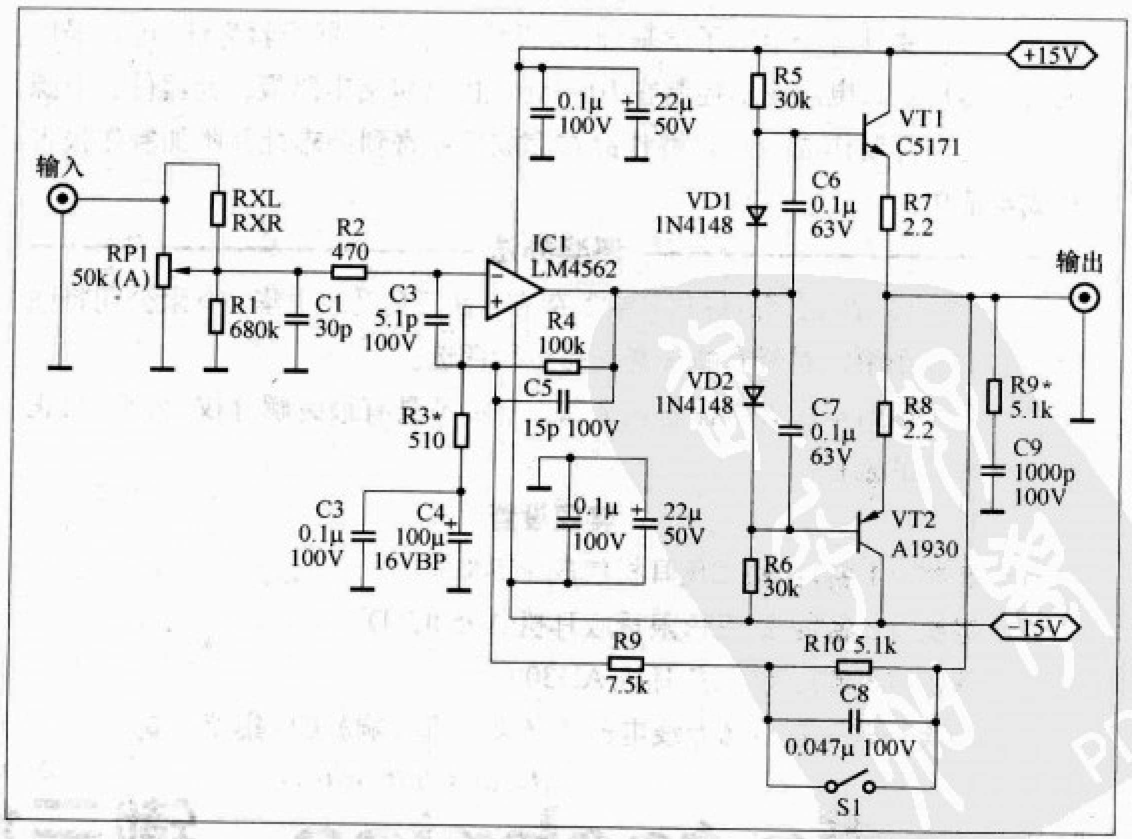


图2

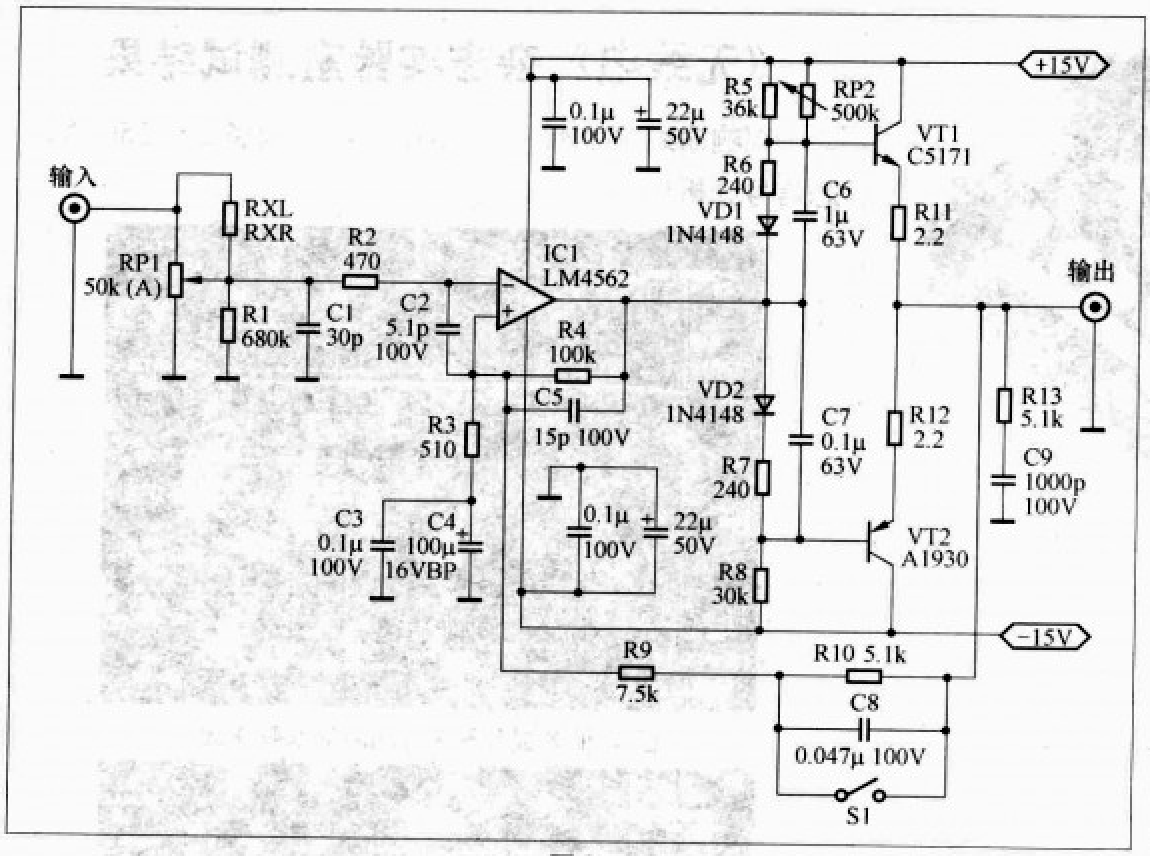


图3

音质未必最佳。高阻抗的耳机在一般耳放的驱动下，音量电位器旋钮转到底音量也显得不够大，因此，要耳机放大器进行调整，最终优化的电路如图3所示。该电路在原电路基础上增加了R6、R7偏置电阻及RP2（ 500kΩ）可调电位器。电位器用于调整输出端直流偏移，经测输出端直流偏移仅0.3mV，可省略不装。偏置电阻用于给输出级晶体管C5171/A1930提供偏置电流，使用不同型号的晶体管，偏置电阻不一样，需根据不同晶体管进行调整，在该电路中偏置电阻R6、R7取值为240Ω，使输出晶体管的静态电流达到15mA，从示波器看输出端，用方波及正弦波均测不出有交越失真。在图3中，RP1是输入音量控制电位器，R1是输入偏置电阻，R2是输入匹配电阻，与C1、C2 构成防自激振荡网络，LM4562运放引脚8、4，为正负引脚，并有0.1μF及22μF/50V两种电容，以减小电源的高频内阻，布线时这两种电容尽量靠近LM4562运放引脚安装。R5、R6、R7、R8、VD1、VD2、C6、C7、RP2构成晶体管偏置电路，给C5171、A1930提供稳定的偏流，使其工作在无交越失真的状态。R11、R12、C5171、A1930构成互补推挽输出级，这里选用东芝晶体管，该管对称性好，线性优良，音质细致，也可根据个人对音质的偏爱来选用各国的中功率晶体管，做输出级晶体管，可选用的中功率管见附表，故由R3、R4、R9、C4构成交流负反馈网络。

$$放大倍数\ A=\frac{R4\ /\!/\ R9}{R3}+1$$

C4电解电容的容量决定低频延伸，容量越大延伸越好，而且要采用无极电解电容。C5是反馈网络消振电容，一般取5pF～15pF，过大会使高频特性变差。R10、C8构成低频提升网络，频率提升点在100Hz左右，当开关S断开时，频率提升3dB，当开关S接通时，网络被短路，无提升作用。R13、C9是输出端补偿网络，以消除超高频振荡。

电源部分的电路如图4所示，输入电压经环型变压器提供双18V的输出，经4只IN5399整流后，由2只1000μF/35V、2只470μF/35V滤波，再经三端稳压器LM317进行稳压（±15V），再经470μF/25V 和2只0.1μF滤波后供给耳放电路。

三、印制板布局

TW−J9耳机放大器的内部结构如图5所示。这是一种小尺寸高密度的设计。由于机壳尺寸小，给设计印制板带来一定困难。印制板布局是保证耳机放大器设计成功的关键，在设计时可遵守以下法则：（1）输入端远离输出端及电源变压器；（2）PCB布线信号走线要尽量短而且要细，抗辐射干扰性强；（3）地线走线尽量宽和短且要一点接地；（4）正负电源走线尽量宽；（5）左右通道信号走线尽量采用镜像对称的设计思想，保证左右路音质一致；（6）采用双面印

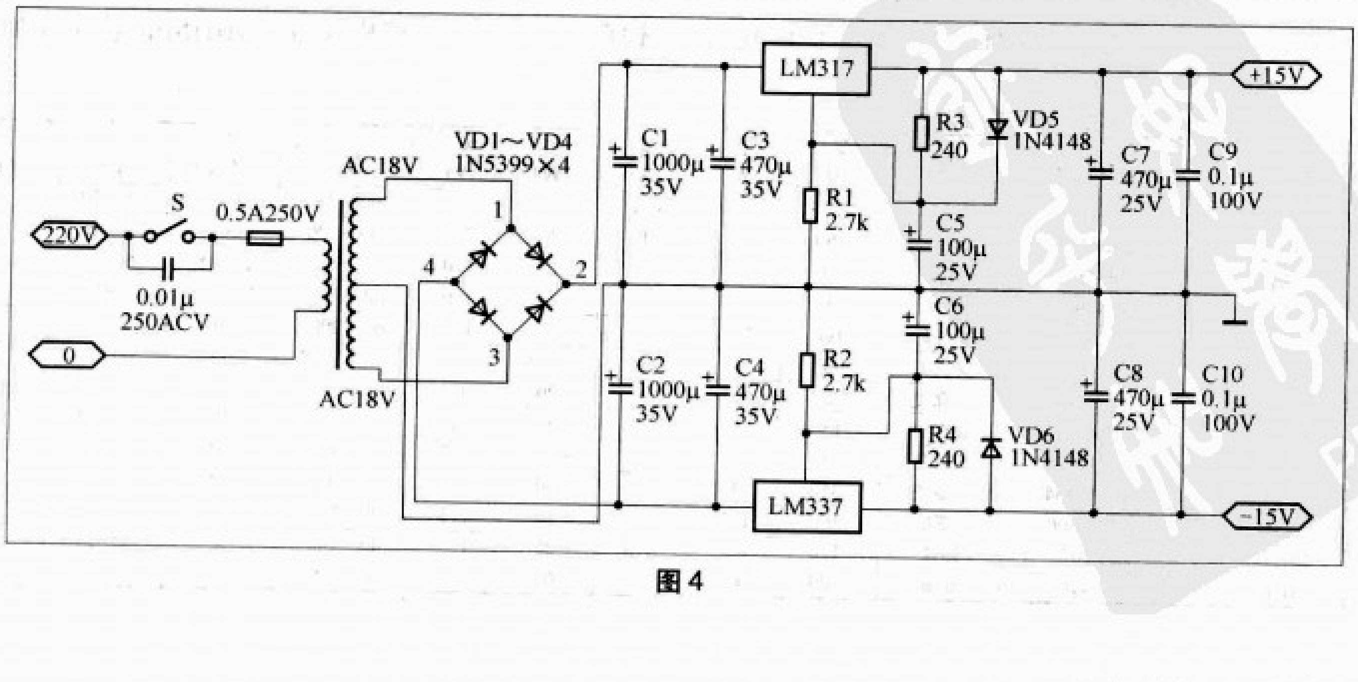


图4

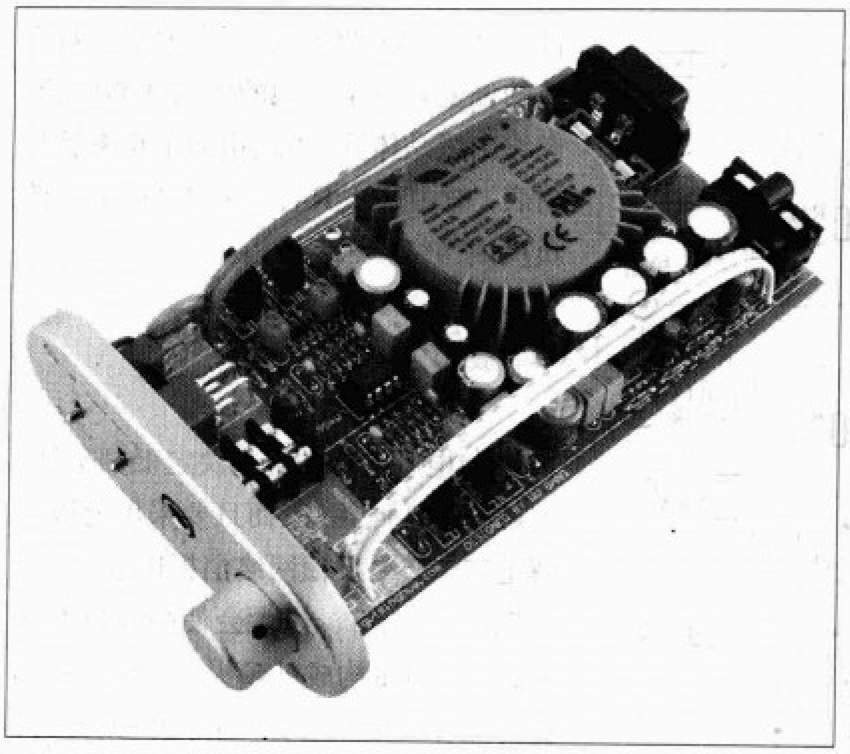


图5

制板，布线路径可显著缩短。

四、元件器选择

电阻选用1／6W 金属膜电阻，电解电容选用日本Rubycon(红宝石)电容，也可选用日本化工金字及ELNA SILMIC金字电解电容，以SILMIC电容音质特好。薄膜电容采用飞利浦MKT橙色电容，取其体积小巧，安装不占地方，音质中规中矩，不毛不躁。

印制电路板采用70μm厚双面印制板（一般印制板厚度为25μm)。变压器采用5W小型环氧封装环形变压器，以振动小、噪声低为准则。电位器选用日本ALPS双联小型电位器，耳机插座选用6.35带焊接引脚的通用品，电源开关及低音提升开关选用台湾产小型钮子开关。为了保证电源开关的寿命，可在电源开关上并联一只0.01μF/250V的瓷片电容，用以消除开关机时产生的火花。RCA输入插座及电源输入均采用可焊引脚的通用型产品。选择接插件由于尺寸小，首先要考虑元件的可靠性，其次是外观要好。机壳可选用范围很宽，DIY发烧友可到电子市场去找铝制现成品，品种很多，可根据自己电路板的尺寸去选择。

《无线电》杂志实验室测试结果

频响曲线（10Hz~100kHz)，使用设备HP 3562A动态信号分析仪。

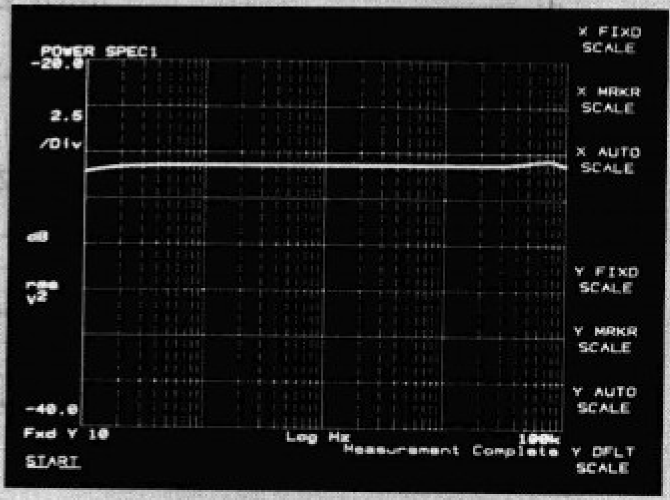


图1 低音提升开关关闭时的频响曲线

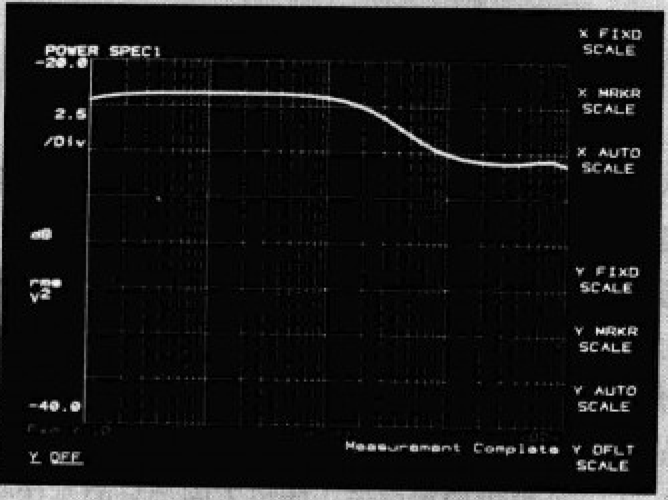


图2 低音提升开关打开时的频响曲线

五、整机实测技术指标

输入灵敏度：220mV

额定输出功率：2×800mW

频率响应：10Hz~500kHz(-1dB)

总谐波失真：≤0.001%（1kHz V_0：2.5V）

信噪比：≥106dB（输入短路）

可驱动：16Ω~600Ω阻抗的耳机。

整机尺寸：101mm(宽)×170mm(深)×43mm(高)

附表 测试用的13种中功率互补管的参数

PNP型号	NPN型号	厂商	U_{CEO} (V)	I_C (A)	I_B (A)	P_C (W)	U_{CES} (V)	h_{FE}	F_T (MHz)	C_{ob} (pF)	T_{on} (μs)	T_{stg} (μs)	封装
2SA1837	2SC4793	东芝	230	1	0.1	20	1.5	100~320	70/100	30/20	—	—	TO-220F
2SA1930	2SC5171	东芝	180	2	1	20	1.0	100~320	200	26/16	—	—	TO-220F
2SA1668	2SC4382	三垦	200	2	1	25	1.0	>60	20/15	60/35	0.4/1.0	0.5/1.5	TO-220F
2SA1859A	2SC4883A	三垦	180	2	1	20	1.0	60~240	60/120	30	0.5	0.5	TO-220F
2SA1964	2SC5248	罗姆	160	1.5	—	20	1.0	60~200	150	35/20	—	—	TO-220F
MJE172	MJE182	安森美	80	3	1	12.5	0.9	>30	50	60/40	0.04	0.05	TO-225
MJE350	MJE340	安森美	300	0.5	—	20	0.3	30~240	—	—	—	—	TO-225
MJE15031	MJE15030	安森美	150	8	2	50	0.5	>40	30	130/70	0.05/0.1	0.2	TO-220
MJE15033	MJE15032	安森美	250	8	2	50	0.5	>50	30	—	—	—	TO-220
MJE15035	MJE15034	安森美	350	4	1	50	0.5	>50	30	—	—	—	TO-220
KTA1700	KTC2800	KEC	160	1.5	0.3	10	1.5	70~240	100	30/25	—	—	TO-126
2SA940	2SC2073	仙童	120	1.5	0.5	25	1.5	40~140	4	55/35	—	—	TO-220
TIP42C	TIP41C	仙童	100	6	2	65	1.5	15~75	3.0	—	—	—	TO-220

耳放制作专题

简单实用的小功率耳放

文/雷 曦

说到小功率的耳放，不得不提到20世纪的运放之皇NE5532，曾经出现在无数的优秀前级放大、调音电路之中，中频温暖细腻厚实，胆味十足，性价比很高！直到今天我们还能很容易地在一些中低档的音响产品中找到它。由于其体积小、电路简单，所以是讲究实用性、低投入的动手派的首选。因为NE5532从面世到如今已历经数载，大家对其电路也非常熟悉，有着多种多样的玩法。在此介绍的耳放的特点是简单、功率小，侧重的是制作的过程。

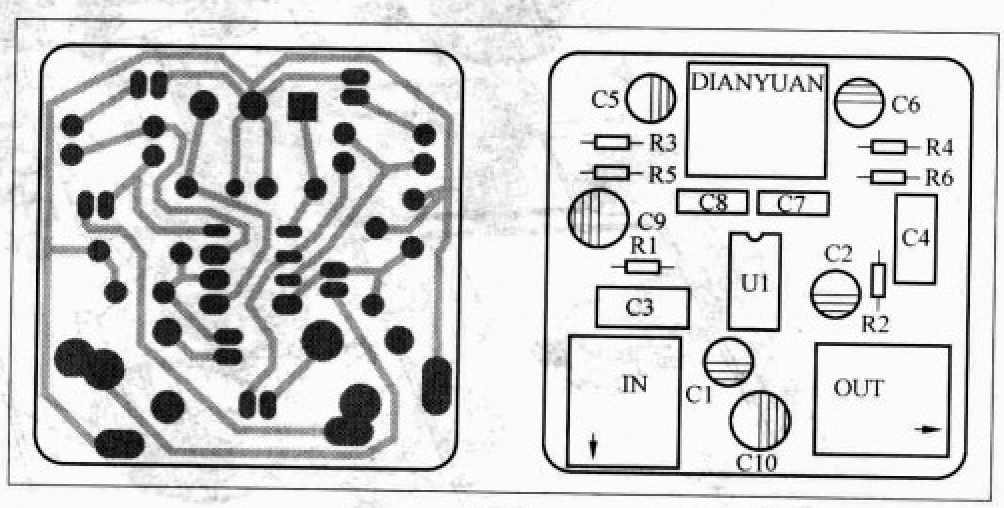


图2

一、原理分析

NE5532是典型的双极型输入运算放大器，用单个NE5532组成的小功率电路有很多版本，本人通过不断地对比和思考，对那些五花八门的电路图作了修改，最终确定了原理图（图1）。放大倍数是由R3（R4）和R5（R6）来控制的，理论上说如果R3（R4）为1kΩ，R5（R6）为100kΩ，则其放大倍数为100倍，但对于耳放来说，这会引起自激，再说就算真的能达到100倍，效果也不可能好，所以这个电路用于前级时也最好别调成100倍。当然，对于耳放定2～3倍可以让负反馈适量、音质柔和、清晰更通透，但放大倍数也不能太小，否则也会影响音质，大家可以反复调试，达到自己满意的效果。笔者是将R3（R4）定为1kΩ，R5（R6）定为20 kΩ，即20倍。C5（C6）是输入回路的对地通路，在用于耳放电路时应该加大，原理图中的值为22μF，但用于此耳放应该加大到100μF。

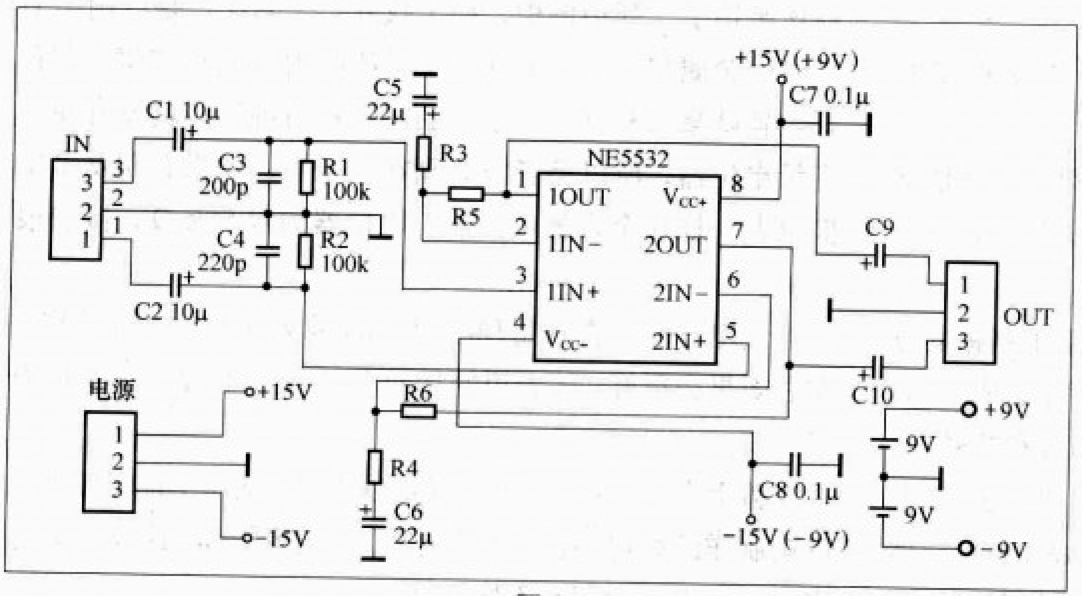


图1

在这里值得一提的是电源问题，如果你是使用的稳压电源，要注意稳压电源的滤波要给足，因为本电路本身就非常简单，那么对元器件的选取就比较挑剔，建议在选材时尽量选择质量好一点的元器件。

二、PCB绘制

笔者使用Protel 99 SE进行布线设计，大家看到的这个PCB图（图2）是我画的第三版，也是我最满意的一版，前几版都存在着飞线，而这一版是没有的，网上的很多版本都存在着飞线的问题，这对挑剔的动手派是不能容忍的。由于面积小，所以在接地方面要尽量争取一点接地，输入和输出端也可以根据实际情况进行改动。将所有的元器件留有空间、整齐排位，并看上去还很和谐，请看3D效果（图3）！

三、选材

对于材料的选取，相信各地的朋友都有不同的渠道，因为笔者在重庆主城区，元器件比较好采购，这次除了买新的元件外，还买了些旧的补品，用了不足10元。

1.极性电容：选用品牌ELNA，C1(C2)选10μF/50V，C5（C6）选100μF/50V，C9（C10）可以选47μF～220μF。本人三版都用47μF，没有影响，大家可以自

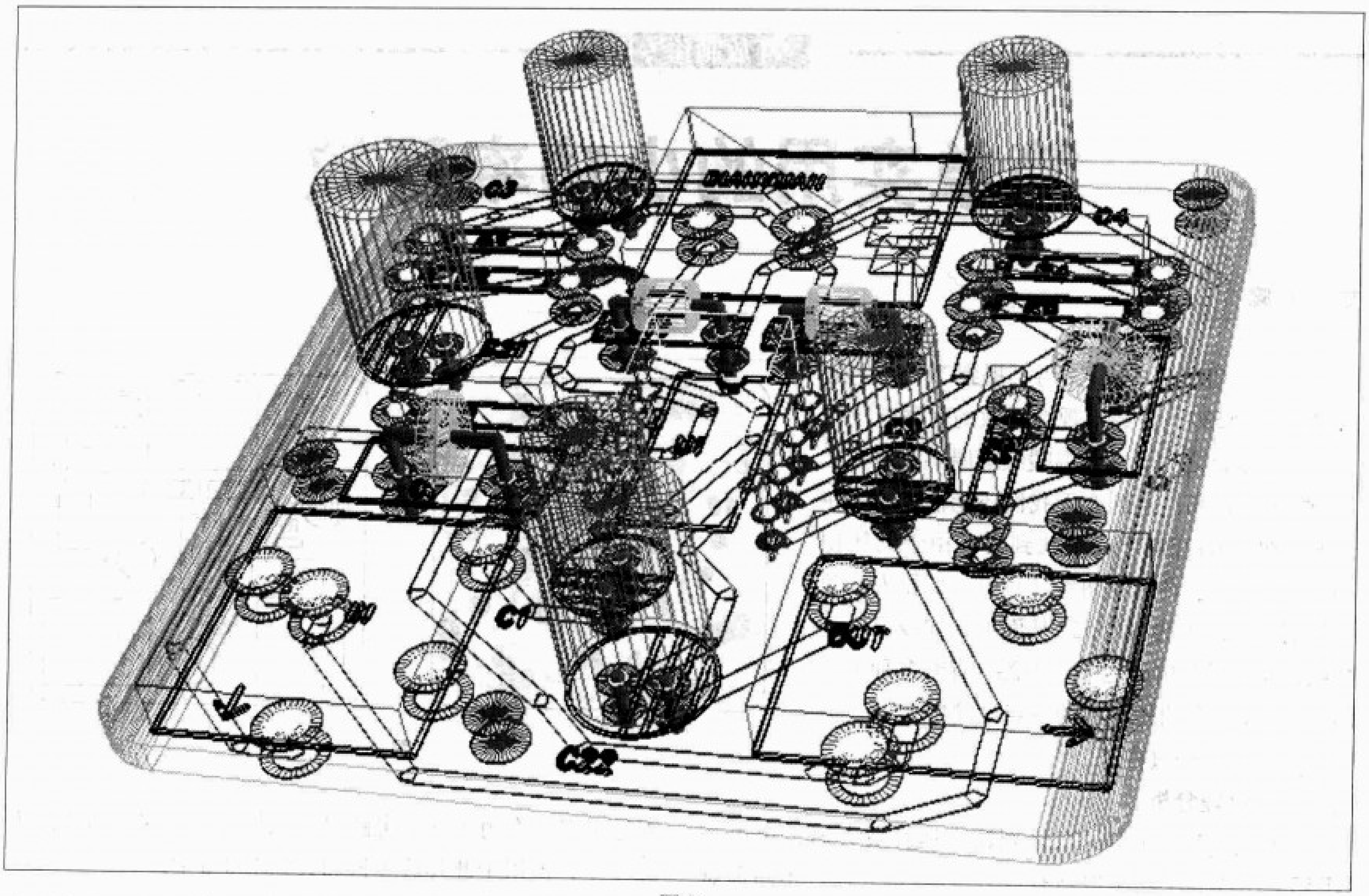


图3

行改动。

2.无极性电容：购买时最好配对，笔者选用了二手的德国WIMA和瑞典EVOX白色方块MMK薄膜电容。C3（C4）为200pF（或220pF），C7（C8）为0.1μF。

3.NE5532：选用美国Signetics公司生产的NE5532，俗称为大S5532，是众多生产5532的厂家中声音最好听的一款（早已经停产多年），是当年的四大王牌运放之首。笔者只找到了二手的，大家如果找不到，选PHILIP的也可以，当然陶封的也不错。

4.所有的电阻一律用五环的金属膜电阻，笔者收藏的国产大红袍也用上了，不再详述。

5.电路用的覆铜板是捡的边角料（听说别人以前是拿来做电视机电路板用的，相信不会很差，厚度也够了）。

四、加工

在准备充分以后，该制作PCB了，关于手工制板的方法很多，比如专用的刻板机（有条件的学校才有，成本高，但制板的质量也最高），常用的方法有感光制板和热转印。由于笔者手头的材料有限，所以就使用热转印的方法。在此建议大家：在PCB腐蚀完毕并且吹干后，最好先打孔，然后用沙纸磨亮，再涂上松香兑酒精的溶液，这样既可以助焊，又可以防氧化。

PCB做好后可以开始焊接了，原则是先焊电阻，再焊电容，三下五除二就焊接完毕了。值得提醒的是：我的PCB输入、输出是选用的这种插件，但在实际中，因为外壳的原因，我没有将插件直接焊在PCB上，有材料且动手能力强的朋友可以自己动手专门做一个外壳。

五、美化外观

焊接完毕后，先进行调试，按前面的方法调试满意后，就该装箱了。翻箱倒柜，终于找到一个盒子，是以前买U盘时的金属包装盒，上面有个透明的窗口做观赏窗，布置好位置就拿去打孔了。很多朋友喜欢听纯音，就没有使用音量电位器，所以笔者没有画在板子上，如果有朋友希望像笔者一样加个音量电位器，电位器为双50kΩ，接法很简单。

供电方面，喜欢用稳压电源的朋友电压应调到双15V左右效果会很好，笔者用的是两个9V的干电池，主要是为了方便。

盖上盒子，这款小耳放就可以走马上任了，其效果要比以前制作的好得多，且音域更宽、音质更柔和。这样简单的电路，有兴趣的朋友不妨试试。

耳放制作专题

晶莹剔透的47耳放

——制作透明的耳机放大器

文/夏 盛

长期以来我喜欢玩，什么随身听、磁带机、CD WALKMAN、MD等都玩过，最近入手一副铁三角ATH-AD300的一款入门耳机，现在手里有台SHARP的经典MD DR-480H和一个SONY的“香水瓶”A605，用它们直接来推AD300感觉有点不尽人意，于是便想为AD300配一个耳机放大器。在网上找了些耳放成品机，一是价格超出预算，二是一些体积过于庞大，太占空间，最后决定还是自己动手DIY一个。我的要求是：体积小、电路简单易做、经典、性价比高，当然最重要的还是要声音耐听。在网上收集了一些耳放的电路，最后还是选择了电路简洁的47耳放。有很多网友都玩过这个电路（图1），看来应该是个不错的选择。图中为一个声道的电路，另一声道完全相同。由IC1a进行一级放大，然后由IC1b进行扩流输出，电路的确十分简单。既然有很多人都玩过，我想应该是个比较优秀的电路，不妨自己也来试试。首先制作电路，我用的是万能板。在纸上画好各元件的布局以及走线后，便开始制作电路板了。我用网线里的铜丝做导线，因为网线的铜丝较粗一般都为纯铜的，而且质地柔软，这样有利于信号的传导。把线都拉直并根据需要裁取到合适的长度，用导线进行元器件之间的连接（图2）。运放采用的是大S的5532，如果觉得不够发烧，也可以选择OPA2132等发烧型的运放。电阻用的是中国台湾产的高精度金属膜电阻，耦合电容用的是德国WIMA，电位器为台产小型优质50kΩ双联电位器，运放加了8脚IC座（图3），这样可以很方便地选择不同的运放。设计电路板的时候尽量采用短的走线，所以整块电路已经

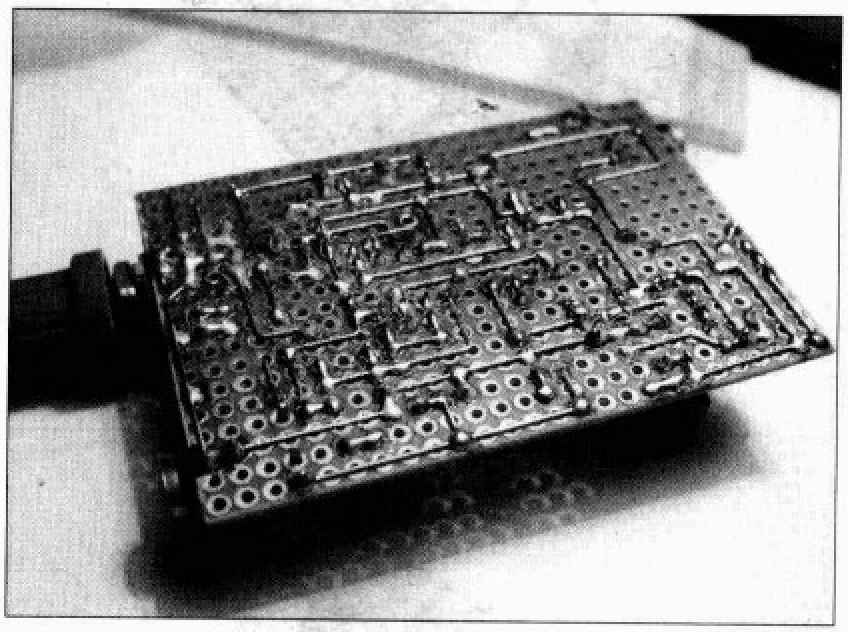


图2

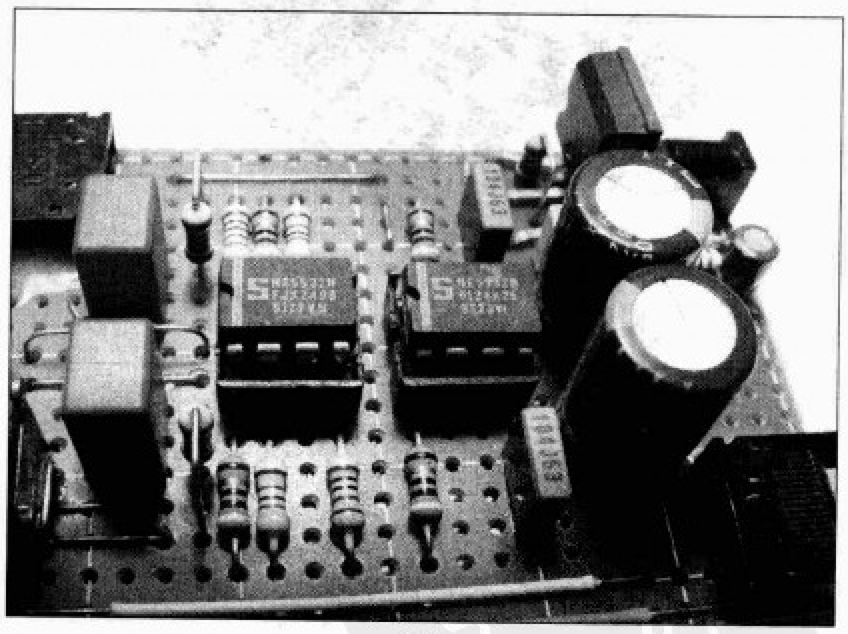


图3

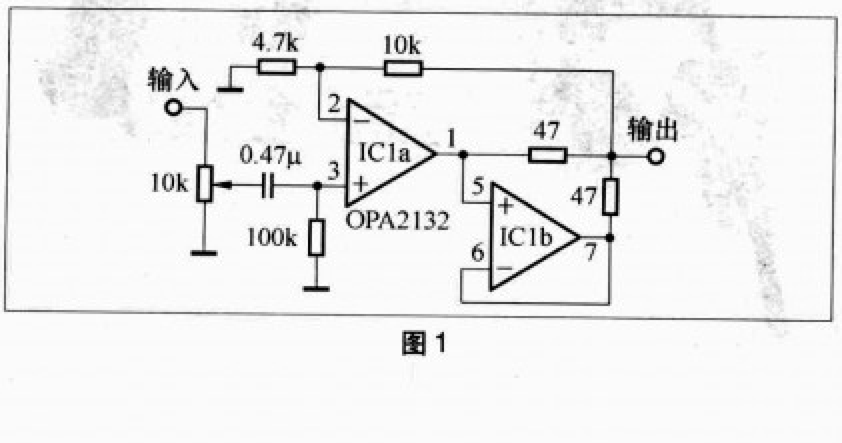


图1

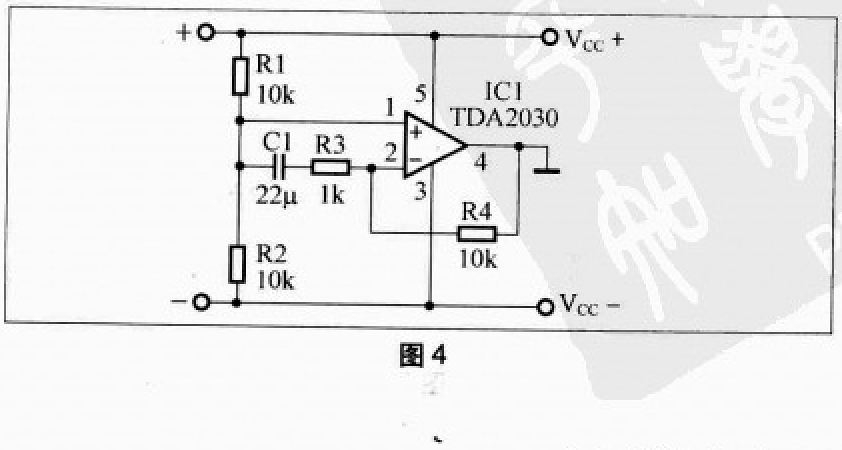


图4

做得十分紧凑、小巧，尺寸只有65mm × 45mm。采用单电源供电，在参考了一位网友的2030单电源转双电源电路后，于是我也把这个电路一起结合到47耳放上面，两端分别加上化工 470 μ F 的滤波及飞利浦 0.1 蓝色 CBB。如果采用电阻分压，浮地供电的方式，往往会出现正负对地电压不平衡，但是这个电路的电压输出却十分稳定（图4），装好以后实测正负对地电压，相差在10mV左右。

花了几个小时一块洞洞板耳放就这样出炉了，呵呵，先来两张纪念一下吧（图5、图6）。接下来，就是做外壳了。我选择用透明有机玻璃制作。两侧用5mm，其他部分用2.5mm的就可以了。先将裁纸刀把有机玻璃划成相应尺寸的小块，然后用砂纸把边缘磨平，这个步骤比较关键，关系到各面之

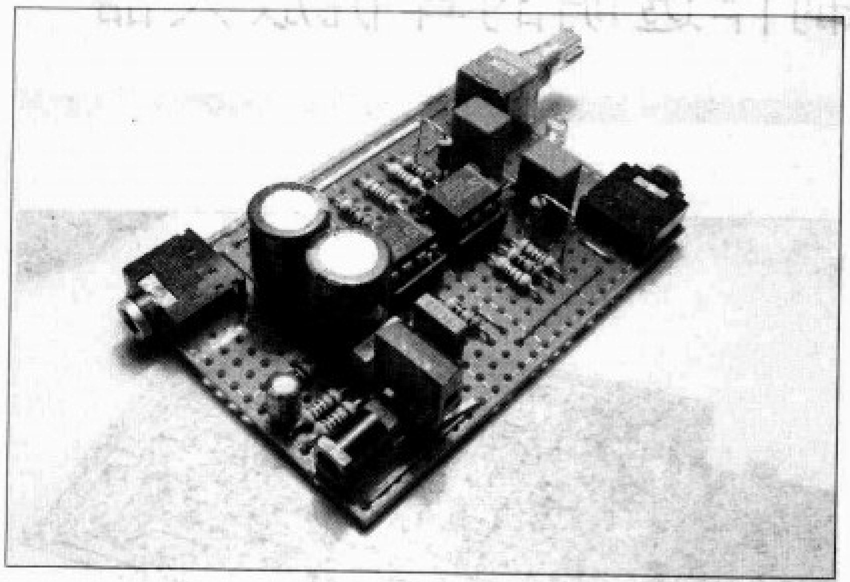


图5

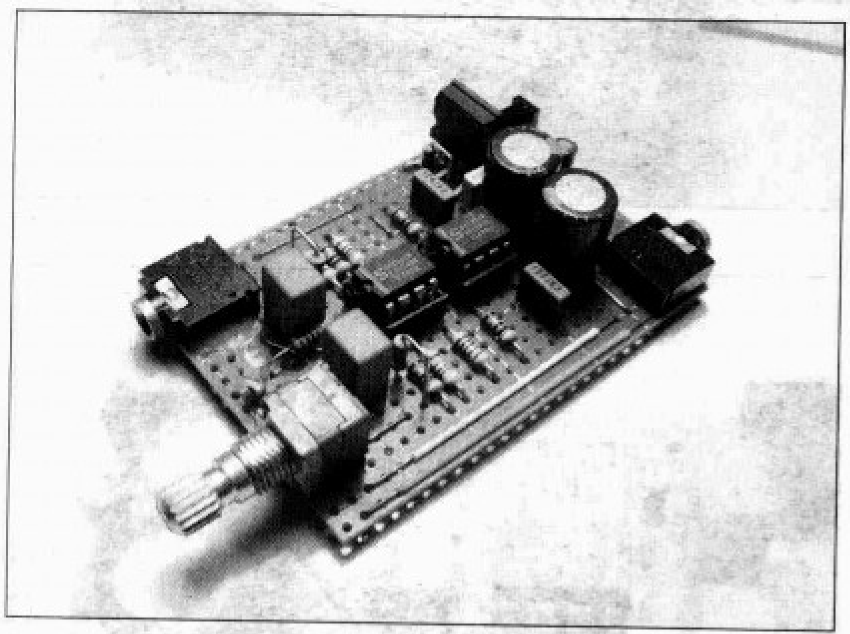


图6

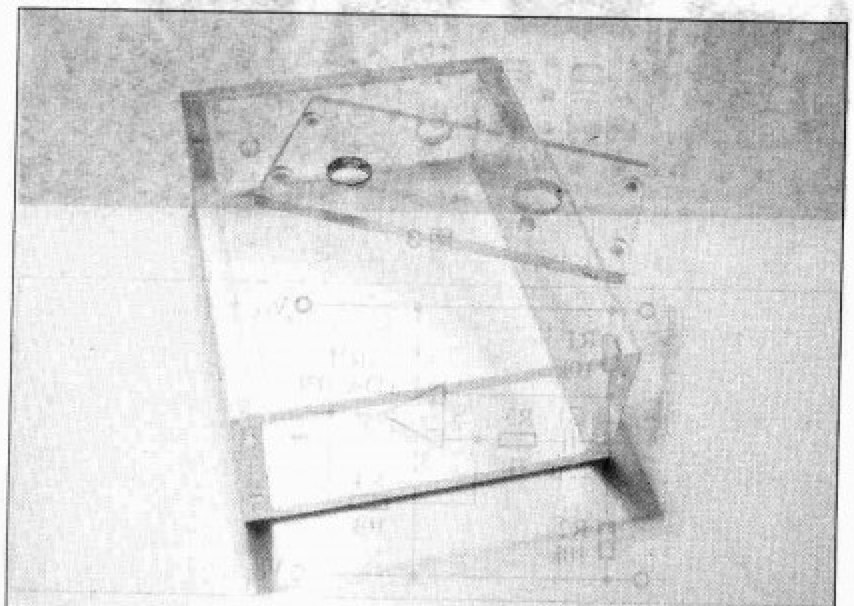


图7

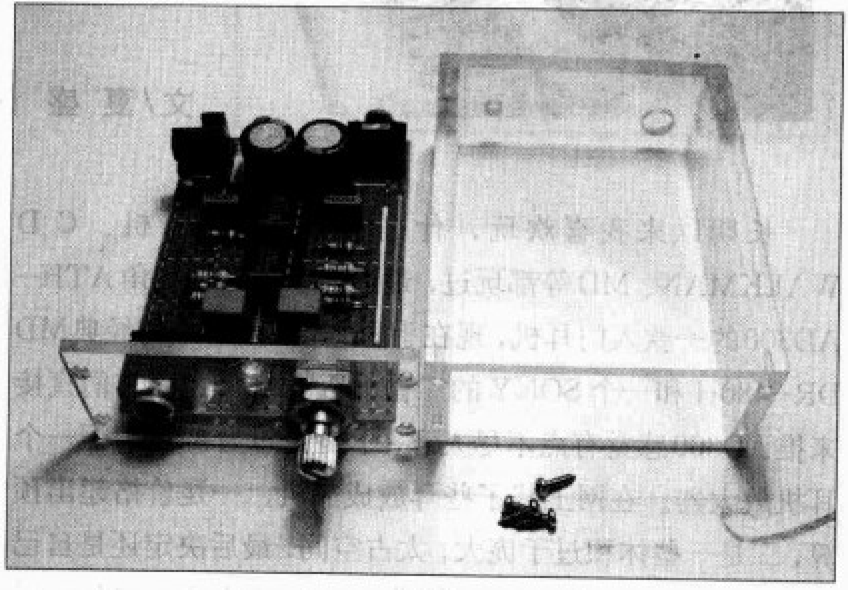


图8

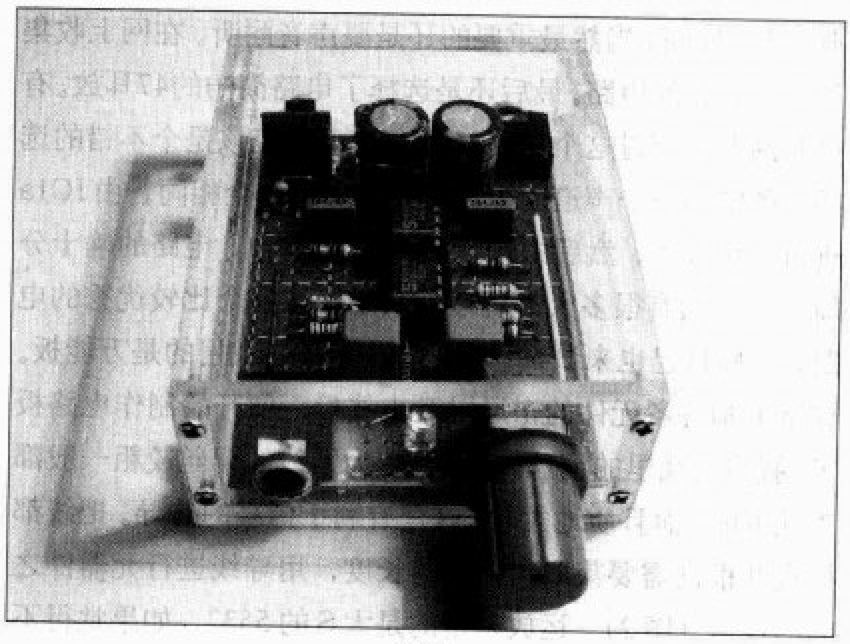


图9

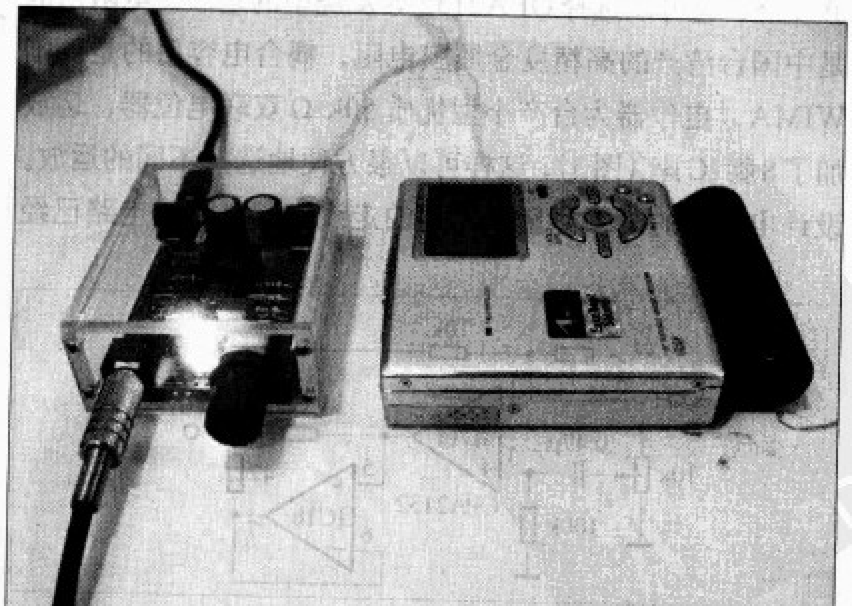


图10

耳放制作专题

为HA-1耳放搭配电源

文/姜 韬

众所周知， AKG的K501是一款优秀的耳机，音色清新、隽永，人声出众，中频在千元耳机中绝对无敌，在烧友中口碑极高，但它的较难驱动特点也跟它美艳声音一样出名。我自从拥有K501以来，一直想为它找一个合适的放大器，本着DIY的精神，曾制作过一些发烧运放加晶体管扩流的电路，动态和解析力尚可，但501特有的中频美感却难尽人意，更别提本来就不太丰腴的低频效果了。

今年1月份，我在hifidiy网站看见HA-1全分立耳放的资料，电路见图1。HA-1为全直流放大电路，输入级采用场效应晶体管K246差分放大，末级工作在甲类状态，输入阻抗高，输出阻抗低，搭配各种音源来推动120 Ω的K501是没问题的。根据DIY的制作经验，如果全分立耳放做得好，低频的控制、力度与速度要强过集成运放。于是动心购进1套，用了2天时间进

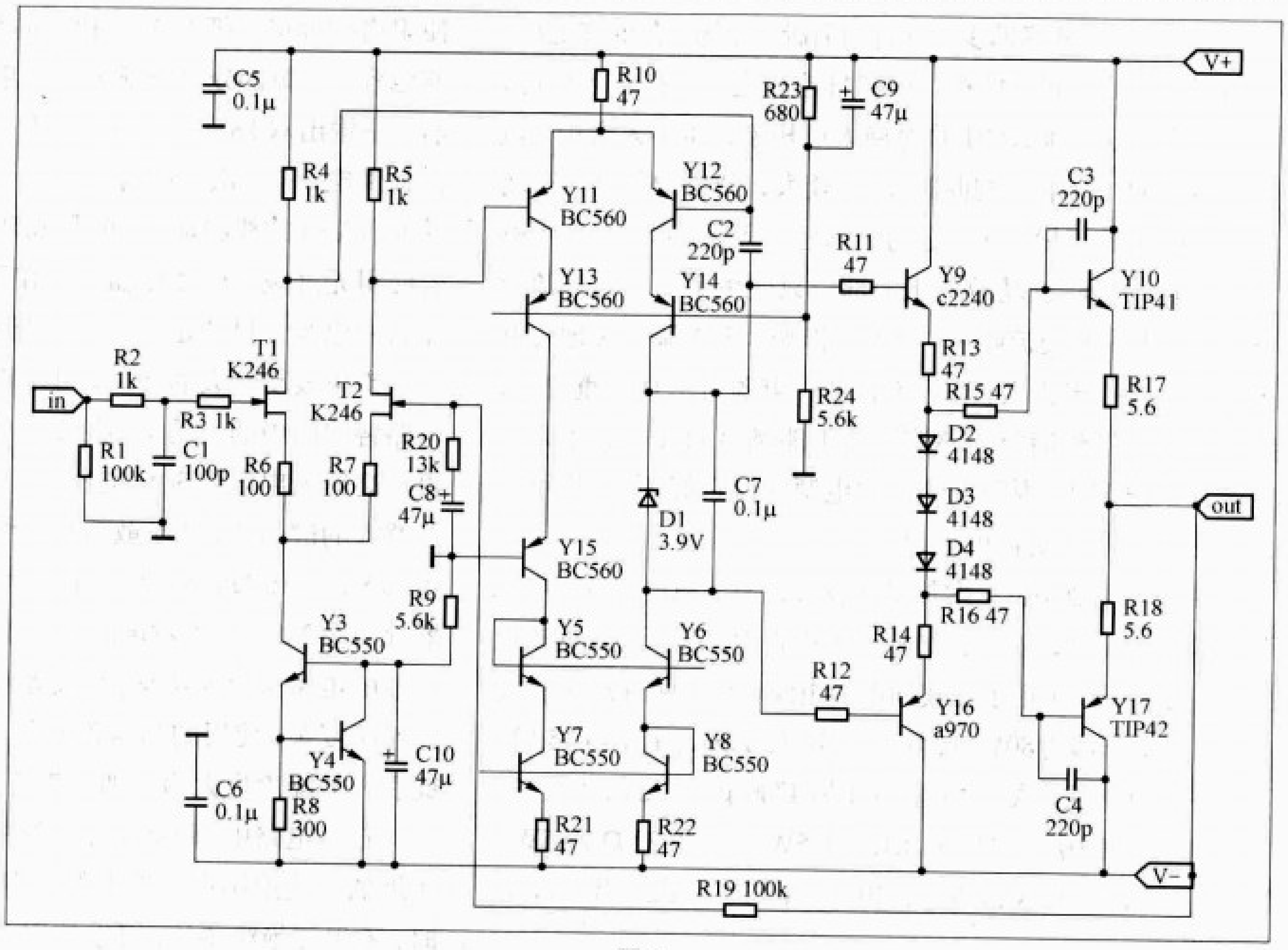


图1

间结合的精密度，不过细心慢慢磨还是没问题的，呵呵。磨好以后用三氯甲烷（氯仿）粘合，几分钟就粘牢（图7）。然后将前后盖打好孔，用小螺丝拧紧，就可以了（图8）。将电路板装进外壳，一个透明的47耳放就完成了（图9）。下一步就是通电测试了。首先还是要对照电路仔细检查一次，看看是否有焊接错误的地方，一切就绪后，怀着激动的心情插上了电源，蓝色的LED马上亮了起来。先不要接耳机，用表测量输出电压±7.5V，正常，电源我用的是15V的直流。再测中点电位，两边分别为5.5mV和7.6mV，控制得也很好。插上AD300，逐步调大音量，耳机里面一片寂静，没有任何反应，奇怪，难道电路有误，于是迫不及待地打开音源，呵呵！美妙的音乐立即从耳机里传了出来，原来它的底噪是那么地宁静，似乎感觉不到它已经通电了。

试音：我用的是珈非伽而的《云儿》专辑，一首“花瓣雨”将珈非伽而那天籁般的女声表现得淋漓尽致。专辑里的低沉的鼓声、轰鸣的雷声、雨点拍打在地上的声音、歌手换气的声音，都能清晰地表现出来。耳放底噪控制得很好，在耳机里听不到噪声，背景非常干净，声音层次分明，干净利落，空气感好。高频靓丽，不干涩，中频饱满，低频澎湃有力，潜得下去。虽说AD300只是一款低端入门级耳机，但在它的推动下，表现得也十分出色，整个耳放体积小巧，透明的外壳，富有艺术气息（图10）。晚上工作时，由里面LED发出的幽幽蓝色光，通过外壳透出来显得特别地漂亮。大家也不妨来试一试，说不定你的作品会更出色。

注解：大概是因为电路中的多数元件值为47，所以发烧友给它取了这个形象的名字。

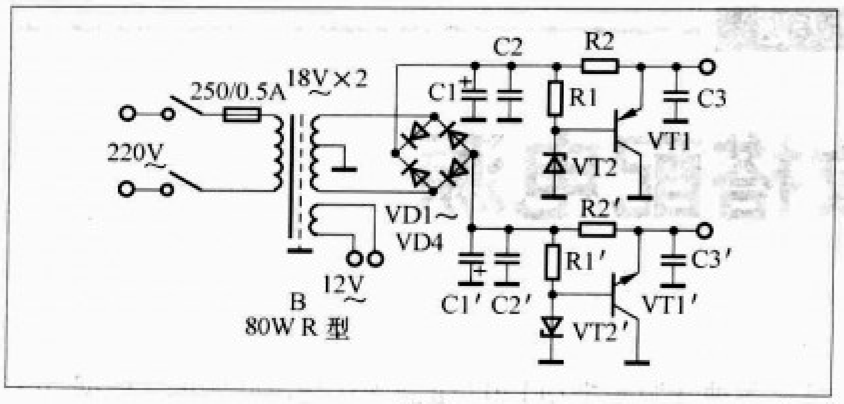


图2

行焊接和调试，试听音质尚可，但音色偏冷，低频力度适中，速度很快，量感偏少，中高频清晰、开扬，有少许毛糙。又用了1周的时间来煲机，声音日趋稳定，只是音色偏冷，没有改变。这点跟K501的冷艳太过相象，而不太合拍，试听贝多芬的《合唱交响曲》，动态较大，分析力很高，声场表现有一定的规模，有一定的纵深感，只是低频稍紧，不够丰厚松软。另外，这功放的电源部分只使用了简单的整流滤波，总有少许的交流噪声“嗡嗡”作响。多次调整接地点甚至把变压器挪出机壳，也没有改善。电源对于耳放重要性，由此凸显，既然简单的整流滤波不能满足HA-1，于是决定做一个速度快、内阻低的甲类电源伺候它好了，或许可以消消它的冷气，使音色转暖。

甲类电源效率低，发热量比较大，为了稳定起见，电源与耳放分体设计，安装在另外一个机壳内。我所在地的市电比较稳定，所以采用了比较简单的电源电路，见图2。元件选择：输入变压器为80W R型（2×18V、1.8A、12V、0.5A）；VD1～VD4为快恢复二极管，C1为4700μF/32V；C2、C3为0.1μF聚丙烯；R1为1kΩ/0.5W；R2为22Ω/15W；VT1、VT1′为2N2955/2N3055；VT2、VT2′为13V稳压二极管。

本例中只用了简单的大功率电阻R2限流，这样做是为了简化电路，尽量减少电源本身产生的噪声。输入电压设在25V，输出13.5V，最大输出电流由R2决定。本例使用22Ω/15W无感电阻，R1两端的压降为11.5V左右，理论输出最大500mA，实际上电容滤波电路满载时电压会少许下降，还要适应市电的少许波动，所以，本电路标称输出400mA。HA-1的静态电流两声道共160mA，用400mA的电流供给，可以应付任何大动态信号。这个简单的电路在空载与满载时，输出电压波动为0.05V，内阻约为0.12Ω，虽不算太低，但足够HA-1的需要。稳压二极管取13V，空载时，消耗在调整管上的最大耗散功率为13.5V×0.5A=6.75W，R2上消耗的功率是11V×0.5A=5.5W，正负电源总耗散热量达到24.5W，选择调整管和R2时要首先考虑功耗和散热，并留有足够的余量。正负电源使用互补对管，输入输出电压较低，除了功率，对晶体管的其他要求不高，本例使用2N3055/2N2955，当然也可使用其他如摩托罗拉、东芝、三肯等著名的大功率发烧对管。由于元器件不多，整个电源我使用搭棚焊接，把HA-1板上的整流二极管拆除，保留滤波电容，电源部分只设输入滤波电容。使用80W R形变压器，主输出双18V、1.8A，另有一组12V、0.5A绕组给保护板供电，初、次级间有铜箔屏蔽层，注意屏蔽层接大地，并非HA-1的线路地，目的是隔离由市电串入的射频干扰。若使用无屏蔽层的变压器，应在整流二极管并联0.01μF左右的电容，目的是一样的，但效果稍差。

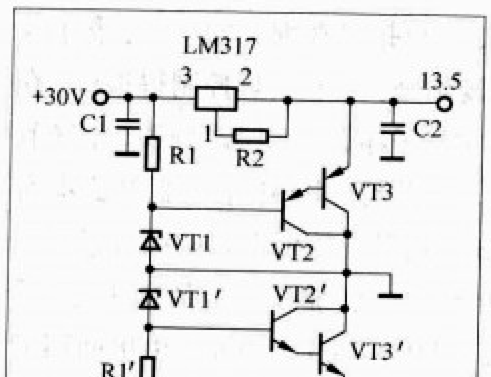


图3

市电波动较大的地区，可使用图3所示的电路，用恒流电路替代图中的大功率电阻R2，用复合管替代VT1，然后再提高输入电压至30V左右，图中的LM317/337，一定加足够大的散热片，并与散热片绝缘，R2根据输出电流大小，可选5Ω～10Ω，VT2、VT2’可用A970/C2240，其他元器件与图2相同。若对电源的内阻要求比较高，可用有放大环节的电路来驱动调整管，或者两级稳压电路，但是电源电路过于复杂，使用的晶体管太多，即使使用发烧晶体管，由此引人的噪声也大为增加，声音也会变得呆滞而不生动。

在本电路中，调整晶体管的集电极是等电位，并且都是接地的，这给制作时带来很大方便，选择金属封装晶体管时，不用加绝缘垫片，可以使用一个散热片，然后直接固定在金属机壳上，来加强散热效果。

电路搭接完毕测试正常后，空载稳定30分钟，调整管的温度在50℃左右，接驳HA-1驱动K501试音，第一感觉是噪声全无，静如深海，心也随之静下来了，一曲贾鹏芳的二胡“春景”，真是有神清气朗、万里无云的感觉，低频量不多，但已经足够，中高频真实甜美，毫不刺耳。再试《合唱交响曲》，气势宏大的声场，纤毫必现的细节，给人的感染力那么直接！不足之处，HA-1的偏冷的音色虽有改善，但还不理想，跟K501的配合，没有达到完全的合拍，比如听蔡琴的歌，人声少了些沧桑，好像年轻了十几岁，我想，下一步要给HA-1摩机了。

总的来说，给HA-1搭配这个甲类电源，噪声较低、细节增加、力度增强，几十元的投资带来这么明显的升级效果，相当值得。

一款新颖轻便功放的制作

文/韦 峰

我喜欢音响DIY，受朋友之托制作了一款采用TDA2030A制作的立体声功率放大器，该功放机壳采用不锈钢 ϕ 60管，内置两只1英寸全频单元，其特点是取材方便、造价低廉、款式新颖。

电路的选择：TDA2030A是目前性价比较高的功放集成块之一（图1），内部有完善的过载及过热保护，是入门级功放制作的较好选择。TDA2030A的工作电压范围较广（±6V～±22V），±22V输出功率可达18W，而且外围电路简单，制作起来比较容易。因为是要制作轻便式，所以笔者选用双6V交流电源，整流后变为±12V直流电压。电路板使用万能板焊接，散热器直接与机壳固定，这样能使TDA2030A得到更好的散热。

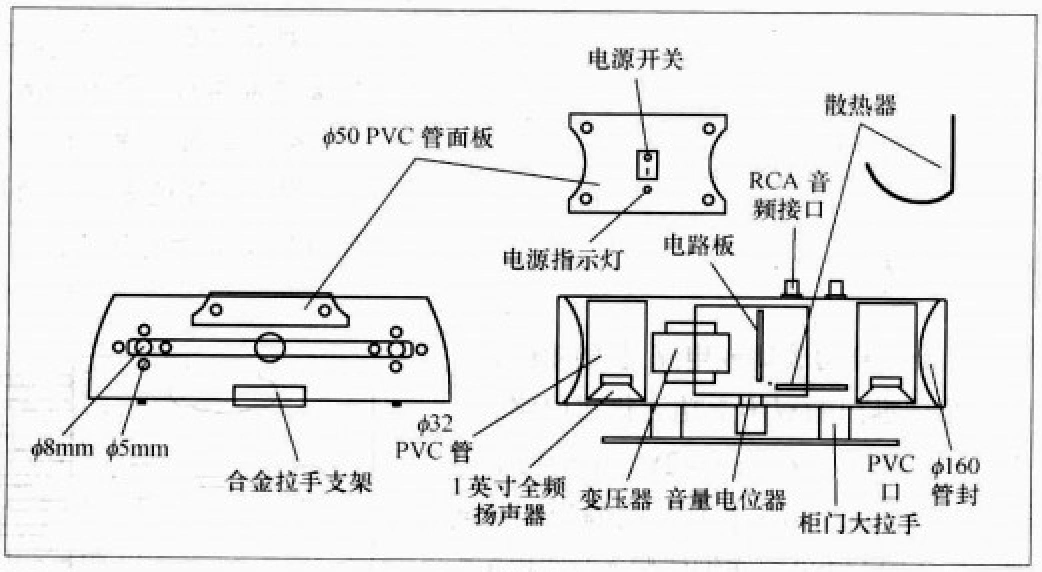


图2

扬声器的选择：扬声器选用的是美国ALTEC LAN-SING(剧院之声)1英寸全频小扬声器单元(A6731)，阻抗为8Ω。该单元是铝振膜、大音圈结构，它防漏磁，声音甜美。用它设计制作成一套轻便式有源音箱与随身听、多媒体等连接效果不错。

机壳制作：首先切一节 ϕ 60长度为200mm的不锈钢管，用切角磨沙机将管两头磨成弧状以至增加美感。在管上方居中开个面积为60mm × 50mm的矩形，其作用是方便于内部电源及电路的安装，然后切一节长度为85mm的 ϕ 50的PVC管，径切一半作为装饰面板。在 ϕ 60钢管上钻孔，在钻孔时先用钢钉在管子上打一个小点定位，钻好孔后再把 ϕ 60不锈钢管做拉丝处理。用半张500号砂纸就可以完成拉丝处理，不仅操作容易，拉丝效果也非常不错。拉丝步骤：先用一只手将砂纸套在不锈钢管上不动，另一只手旋转不锈钢管，要始终按一个方向旋转，就能得到令人满意的拉丝效果。

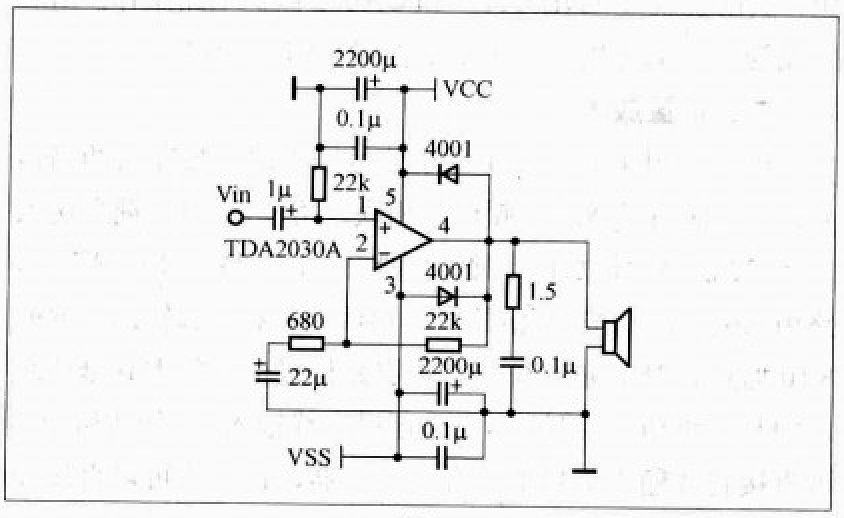


图1

扬声器的安装：切一节长度约60mm的 ϕ 32的PVC管，并将 ϕ 32的PVC管两头打磨成弧状直到可以横放进 ϕ 60不锈钢管为止，然后取出，用火将安装扬声器的这头烤软，以便把 ϕ 32的PVC管口径扩大到正好能将扬声器放进去，再用502胶水将扬声器固定在PVC管内，最后再把PVC管放进不锈钢管内用热熔胶固定好。这时就可以将不锈钢管两头封好。笔者用 ϕ 160的PVC管裁剪成适当的圆状，用AB胶水固定封口（图2），支架是用来支撑 ϕ 60不锈钢管的脚架，支架的安装角度可以根据需要制作，制作好后，将机壳PVC部分喷漆，颜色可根据个人爱好，外形如图3所示。

图3

LM4780 功放实战制作

我有幸在2007年《无线电》杂志第5期得到LM4780集成功放的赠片，心里非常高兴。作为一名《音响设备维修》课程的教师，这正是我所需要的。在繁忙的工作之余，利用业余时间和我的学生一起投入到紧张的开发研制阶段。经过无数次的设计修改和繁琐的制板打眼焊接等工序。终于制作出较为满意的作品，高兴之余急忙整理思绪，写成此文供同行参考。

文 / 程静涛

LM4780功放集成电路是美国国家半导体公司推出的双声道功放集成电路。工作电压范围：±9V～±42V，输出功率可达到60W。每声道设有独立的静噪控制电路，有关LM4780的详细资料《无线电》杂志多期均有介绍。图1所示的是LM4780的管脚及封装图。图2所示的是成品外观。分为两块板，主要设计电路包括：电源，前置放大，功率放大，静噪和保护等部分组成。

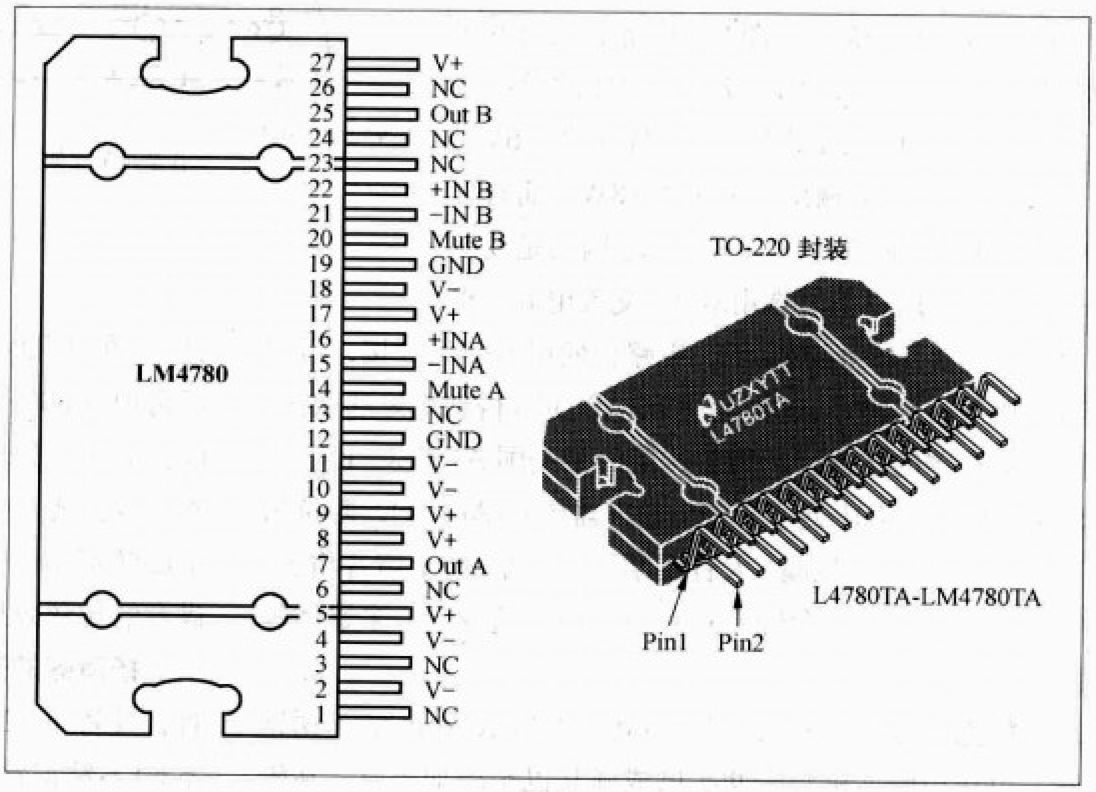


图1

一、电源设计

电源设计分为±22V和±9V供电，如图3所示，环形变压器T1输出双路18V交流电，经过桥式整流（QD1），滤波（C23、C24）后输出约±22V的电压，此电压经J1插排的1、2，5、6脚送到LM4780，提供功率放大。同时再经R19、R20降压后加到VT1、DW1和VT3、DW2组成的串联稳压电路，该电路输出±9V电压，供前置放大（NE5532）和CA082保护电路工作。LED发光管作为电源指示，正常工作时，LED点亮。

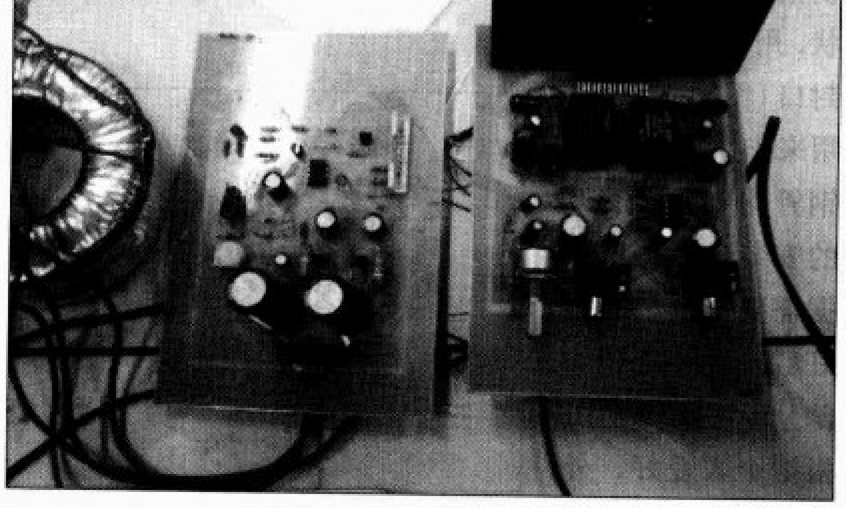


图2

二、前置放大

电路如图4所示，J1为小信号输入端，分左右两路信号，可与话筒或微弱音频信号相联，经过C3、C4耦合送入NE5532低噪声运放的2脚和6脚放大，左路由R5、R7，右路由R6、R8构成10倍放大，再经1脚和7脚输出经R9、R10加到RP1音量电位器。可将微伏级信号放大到毫伏级以便与后级功放相联。本电路还设有线输入端，PL1和PR1可直接将线输入信号加到音量电位器，目的是可以直接和VCD一样的信号源相接。

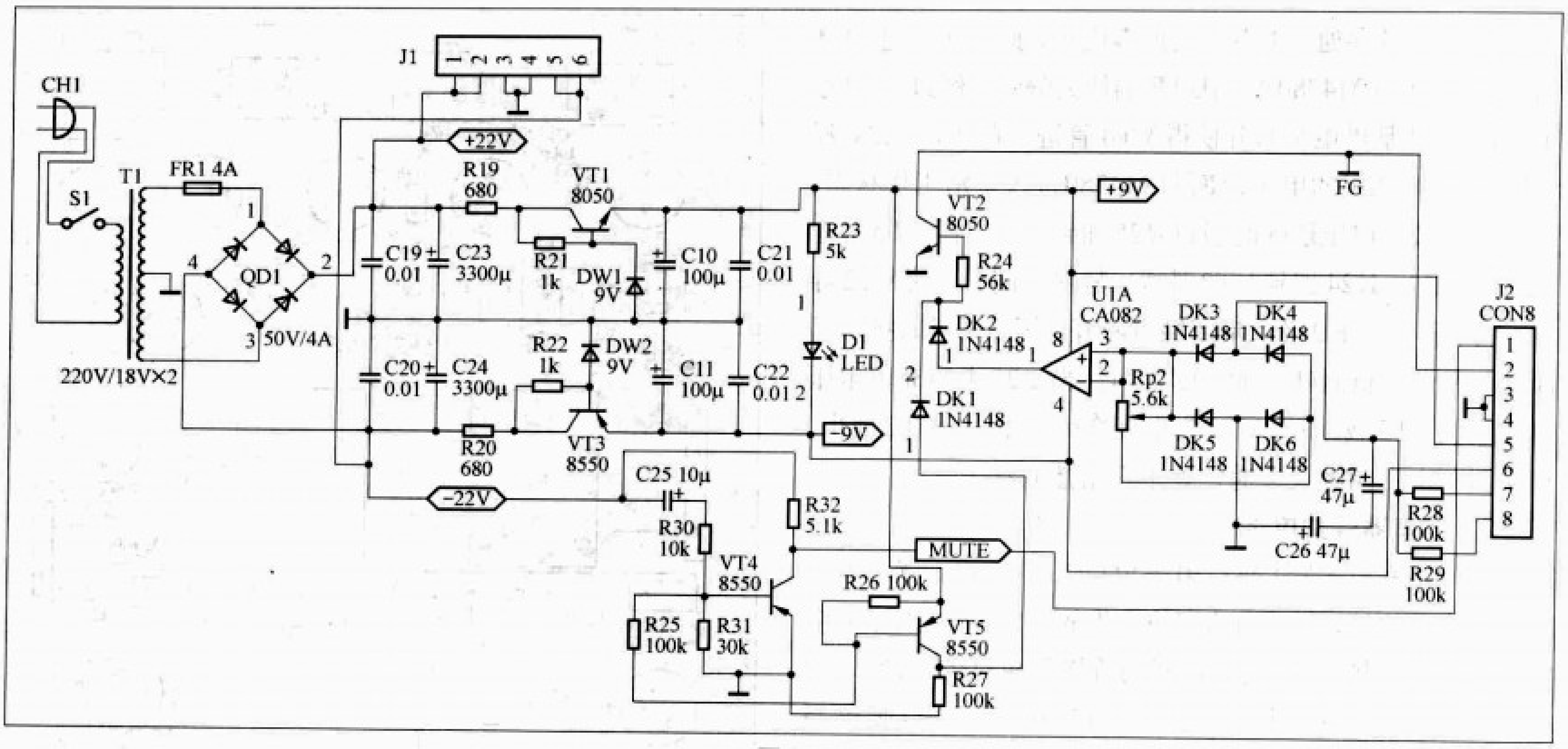


图3

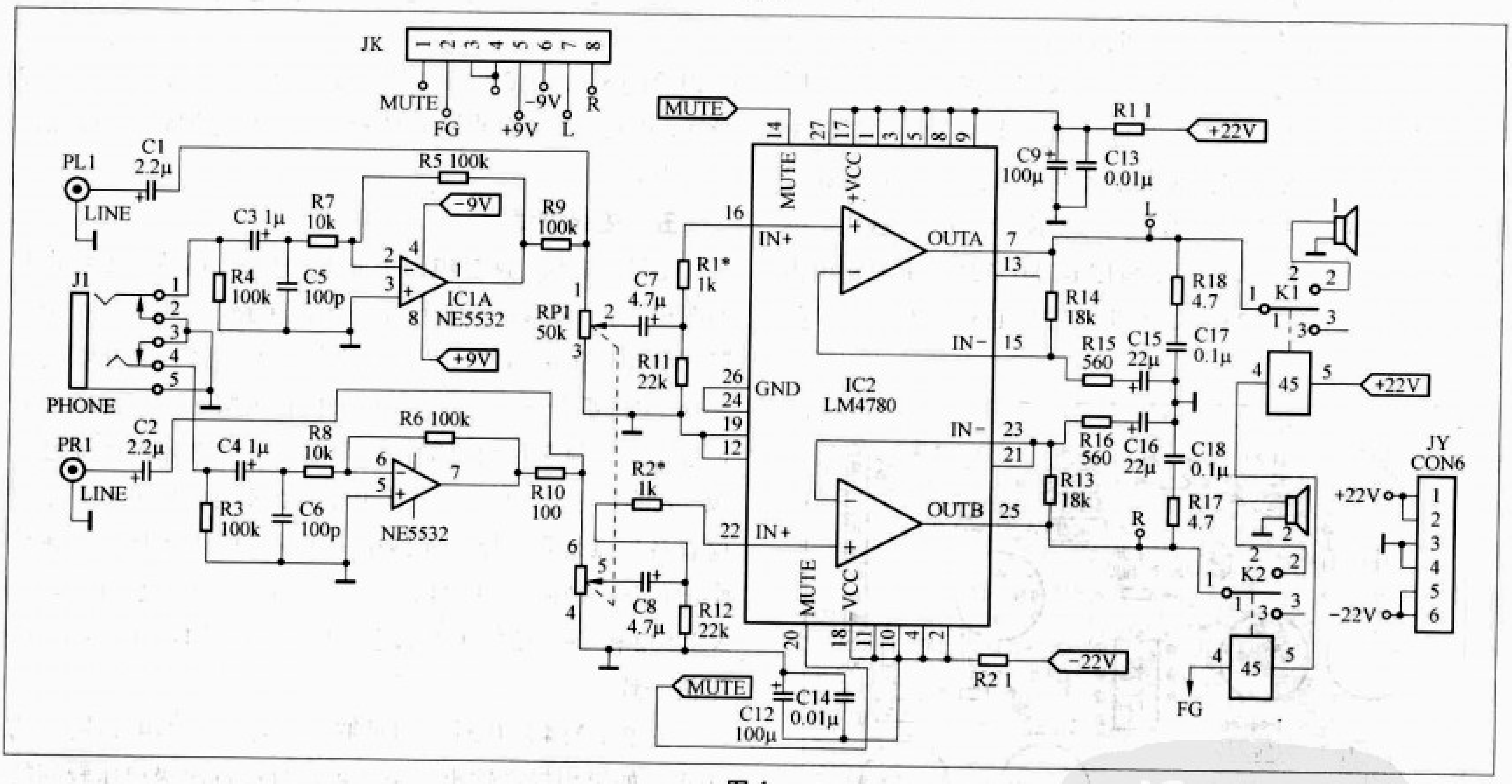


图4

三、功率放大

如图4所示，经前置放大的音频信号经过音量电位器RP1调整后，经C7、R1*，C8、R2*分别加到LM4780的16脚和22脚，电压放大倍数A_U由R14、R15，R13、R16决定，放大倍数$A_U=(1+R_F/R)$，约30倍。经功率放大后从13脚和21脚输出加到继电器K1、K2端，继电器K1和K2受扬声器保护电路控制，目的是当功放输出端一旦发生过负载或功放输出击穿时及时切断输出通往扬声器的通路，以免将扬声器烧坏。LM4780输出可达到60W的功率，本实验电路实际只加了±22V电源，按照OCL的功率输出公式$P=V^2/2R_L$计算，当$R_L=8\ \Omega$时，实际输出约为30W。

四、静噪和保护电路

1．开机静噪

LM4780的14脚和20脚分别是左右两路的静噪（MUTE）控制端，控制方式是：当为零电平时处于静噪状态，负电平时处于正常工作状态。如图3所示，静噪控制原理是：当开机时，−22V电压通过C25、R30、R31充电，由于电容的暂态效应，开始VT4基极为负电平较大使得PNP

型三极管VT4导通。集电极接近零电平，此电压通过J2插排的1脚加到LM4780的MUTE端使其静噪，经过2～3秒的时间VT4基极电平回升使得VT4管进入截止，−22V经R32输出约−22V的电压，使得LM4780进入正常工作状态。从C25过来的电压还同时通过R25加到VT5，使VT5集电极通过DK1、R24加到VT2基级，静噪的同时，使VT2导通，继电器K1、K2吸合常闭触点断开，使得开机时扬声器断电，避免开机时吓人的“嘭”声。当C25电容充电电压上升到使VT5截止时，VT5集电极变为低电平，VT2截止，继电器断电常闭触点接通，处于正常播放状态。

2．扬声器保护电路

因为功率放大器LM4780采用OCL式输出，扬声器直接和输出端相接，所以当功率块发生故障时，高电压、大电流很容易烧毁扬声器，而扬声器的价格又相对较高，所以应当加以保护。保护工作原理是：LM4780的输出端7脚和25脚通过JK插排的7、8脚加到图3的J2插排的7、8脚，与R28、R29相连，其监测信号加到C26、C27电容两端。当正常工作时由于C26、C27容量较大对交流相当于短路，所以无电压；而静态正常工作时OCL中点输出为零，所以由DK3～DK6组成的桥式整流电路无电压，此电压加到CA082的3+、2−脚，1脚输出为零电平，DK2、VT2都截止，继电器无动作，电路正常工作。当LM4780负载过重或输出击穿时都将在C26、C27两端产生压降使DK3～DK6导通，

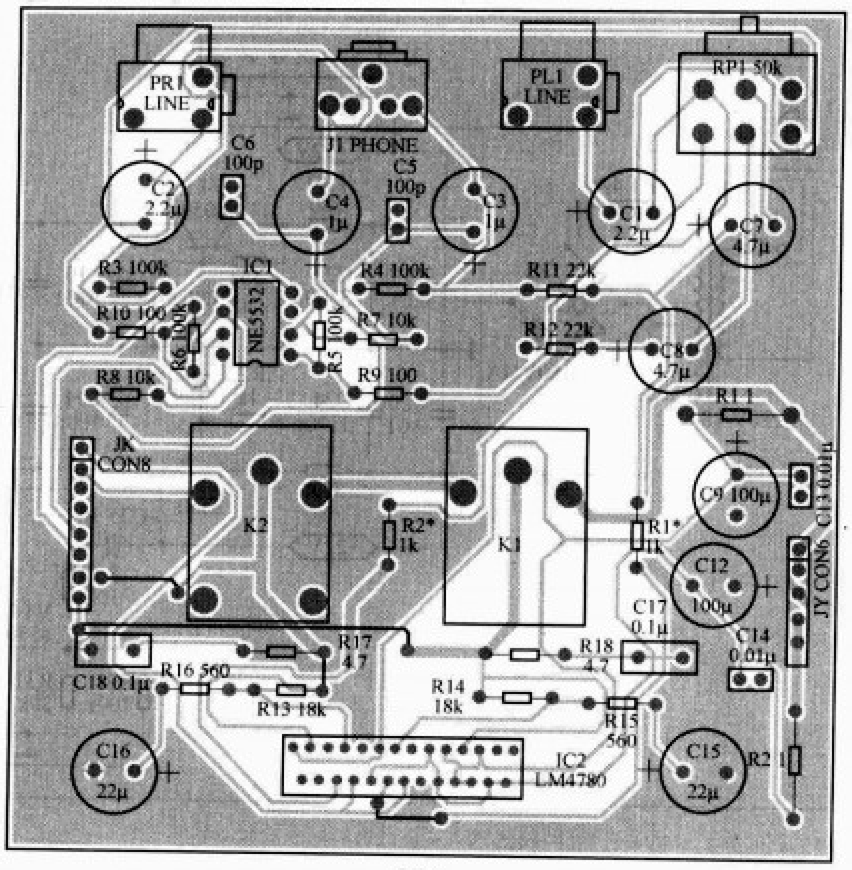


图6

CA082的3+大于2−，1脚输出变成高电平，使DK2、VT2导通，继电器吸合触点断开切断扬声器供电回路，从而保护了扬声器。

五、安装调试

电源、静噪、保护电路板如图5所示，前置、功率放大如图6所示，安装时应按照第一电源电路；第二放大电路；第三静噪保护电路的安装顺序进行。安装好一部分调试一部分。电源部分安装好后，应再次检查电解电容和稳压管是否装反，一旦装反将可能烧毁元器件。检查无误后接通电源，先测一下±22V和±9V电压是否对称。如果不对称应检查各焊点是否短路（实践中由于学生的焊接技术不高经常出现各种故障），特别要求±9V对称。因为它直接影响NE5532和CA082的工作状态，所以应保证DW1、DW2稳压值一致。

安装LM4780时应加足够的散热片，本电路输出约30W。如果想提高输出功率，可以直接选次级电压较高的变压器接到原电路中（次级交流电压不应超过30V），但要相应加大散热片，否则工作时可能发热严重影响正常工作，甚至烧毁功放块。扬声器的选择是至关重要的，优质灵敏度高的扬声器一般较贵，但放音效果却很好。所以可以根据需要进行选购。

保护电路安装后开机应听到继电器吸合2～3秒后释放的声音说明静噪已可控。如果继电器不释放应调整RP2直到听到释放声即调试完毕。将插排J1插入到JY，J2插入到JK，联机试听，如果无错误应能听到柔美的音乐。

再次感谢《无线电》杂志给我这次实践的机会，谢谢！

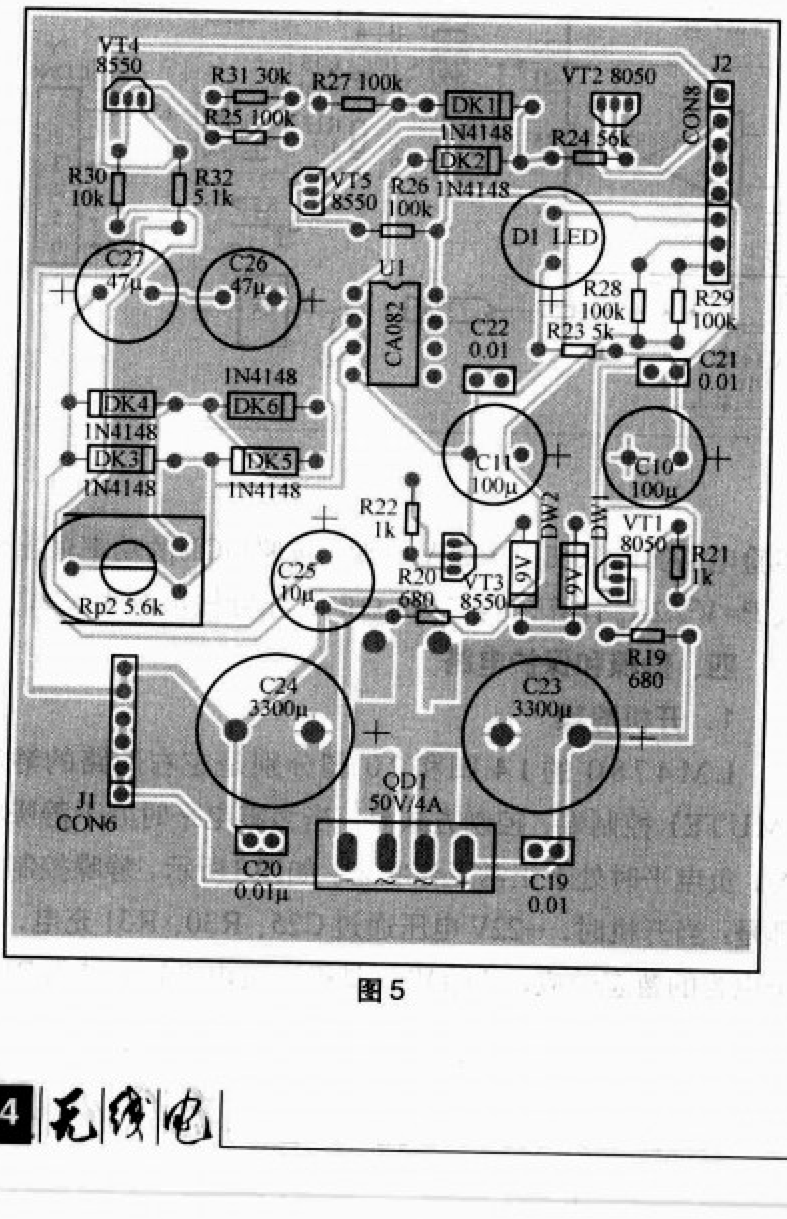


图5

一款不需温度补偿精密偏置的甲类功放

文/李宏伟　南洋过客

笔者在制作一款甲类功放的过程中遇到了比较棘手的"接地"问题，于是通过互连网有幸结识了网友"南洋过客"，不但解决了问题，还萌生了自行设计制作一款大型甲类功放的意念。通过几个月的技术准备，以及近半年的实验和调试，最终制作出一台我个人认为比较有个性的功放，在此向大家展示，希望与广大音响DIY爱好者的交流。

一、电路设计

这是一款不需要温度补偿的甲类功放，电路如图1所示，该电路包括了主电压放大与推动部分的电路、电压放大级与并联稳压电源、偏置模式切换与温度保护部分以及主保护电路4个部分，这些电路都设计在一块印制板上。在图1（a）的中心方框图中是偏置电路，也是本功放的设计亮点——不需温度补偿的精密偏置电流电路。该偏置电路如图2所示。图3为末级功率管阵列的电路，比较简单，可以设计为两块独立的印制板，分别安装NPN结构的管子和PNP结构的功率管。有条件的读者也可以发挥想象力，自行搭棚焊接大功率管阵列部分。

1.放大部分

在借鉴了一些世界名机的电路设计理念，如图1（a）所示的放大电路，其设计思路是采用全对称差分结构的框架，并在第一级差分级加入长尾恒流源，以进一步提高电路的共模抑制比，一般的设计是上下两臂的差分场效应管的源极会合在一起，这就要求P沟道和N 沟道管要作非常精确的配对。因为本设计加了长尾恒流源所以对配对需求较低，同时也可以做不同的尝试，把差分管换成三极管后电路不需更改也照样可以正常工作。由于渥尔曼电路具有失真低、频响宽、增益高、线性好等特点，因此，在整机电路中大量使用渥尔曼电路（CASCODE结构），比如输入差分的共源共基结构、第二级电压放大级的共射共基结构。第一级差分对使用的管子是东芝的孪生场效应管K389/J109，其渥尔曼电路对管使用的是东芝的孪生晶体管C3381/A1934。主要的目的是为了减少初级对管配对的难度。读者如果无法采购到上述对管，当然也可以使用K246/J103或者K170/J77对管替代孪生场效应管或者用C2240/A970对管代替孪生晶体管。第一级恒流源用C2240/A970对管，并采用LM385−1.2做精密基准1.2V参考电压。第一级的电流由VT1、VT2及两个LM385决定，计算方法为（1.2−0.6）/120=5（mA）。则差分管每管电流为2.5mA。此时第一级渥尔曼电路管集电极负载电阻560Ω上的压降为2.5mA×560=1.4V，该电压同时提供第二级VT12、VT14的参考电压。因此，第二级电压放大级的设计电流为：（1.4−0.6）/120≈6.7（mA）。

由于第一级场效应对管的耐压不及普通晶体管高，为保护第一级的场效应管不被击穿，由两个22kΩ电阻和一个10kΩ电阻分压正负60V电源，将VT3、VT5基极间的压降控制在22V左右，使场效应管工作在安全的电压范围内，剩余的电压由VT3A/VT5A管C3381/A1934来承担。第二级为主电压放大级，同样采用渥尔曼电路以提高其放大性并拓展其带宽，采用TO92A封装的日立B647/D667对管。电流放大为三级达林顿结构，预推动级采用日立的B649/D669对管，为TO126封装结构，主推动级采用东芝的C5171/A1930，主要原因是该对管的f_t很高，当然实际使用中效果也不错。读者有条件使用安森美公司（on semiconductor，收购原摩托罗拉半导体部门后使用on商标)的MJ15030/15031对管则效果更好，只是配对成功性稍微差一点。

2.中点电压伺服部分

整机采用积分运放LF353环路伺服矫正中点电位的传统模式，但请注意该运放的反馈输出是接在整个电路的同相输入的，这个和我们常见的电路有些微的区别。在一代名机QUAD 6 0 6中可以找到同样的反馈模式。当然，在管子配对良好及调试正常的情况下，中点伺服回路是可以放弃不用的，这取决于实际的制作情况了。

3.保护电路及偏置切换部分

（1）*保护电路*：该电路如图1（b）所示，它采用了成熟的μPC1237单片保护集成芯片，可以实现输出中点偏移、过流保护、开机延时、关机立断的功能，此电路基本上是参考了官方的电路，在此不再详述。

（2）*偏置切换*：吸取以前甲类功放制作中温度控制的经验与教训，该电路加入简易过温保护电路，电路如图1（c）

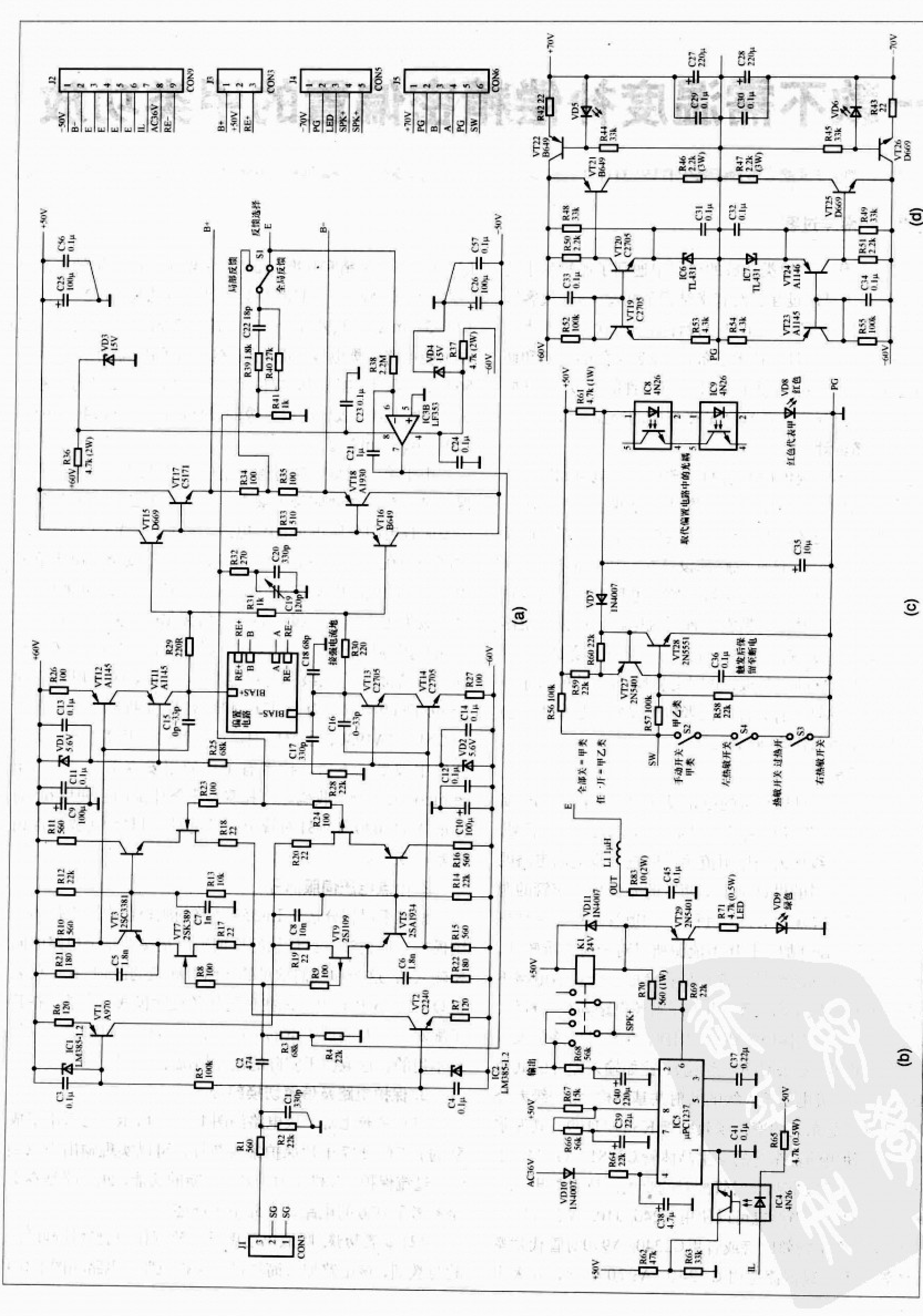

(a)
(b)
(c)
(d)
J2 CON9 -50V B- E E E E IL AC36V RE-
J3 CON3 B+ +50V RE+
J4 CON5 -70V PG LED SPK+ SPK+
J5 CON6 +70V PG B A PG SW
反馈选择
局部反馈
全局反馈
S1
偏置电路
BIAS+
BIAS-
RE+ B A RE-
接偏电流地
IC3B LF353
VT17 C5171
VT18 A1930
VT15 D669
VT16 B649
VT12 A1145
VT11 A1145
VT13 C2705
VT14 C2705
VT3 2SC3381
VT5 2SA1934
VT7 2SK389
VT9 2SJ109
VT1 A970
VT2 C2240
IC1 LM385-1.2
IC2 LM385-1.2
J1 CON3 SG SG
IC5 μPC1237
IC4 4N26
K1 24V
SPK+
输出
AC36V
VT29 2N5401
VD9 绿色
L1 1μH
OUT
IC8 4N26
IC9 4N26
取代偏置电路中的光耦
VD8 红色
红色代表甲
VT27 2N5401
VT28 2N5551
触发后保留至断电
全部关 = 甲类
任一开 = 甲乙类
手动开关 甲类
左热敏开关
热敏开关 过热开
右热敏开关
甲乙类
SW
VT22 B649
VT21 B649
VT20 C2705
VT19 C2705
IC6 TL431
IC7 TL431
VT24 A1146
VT23 A1145
VT25 D669
VT26 D669
+70V
-70V
+60V
-60V
PG

图 1

所示。电路采用一个NPN管和一个PNP管组成模拟晶闸管形态，当NPN管的基极电位为低电平时，串联在左右两块印制板中的4N26光耦处于导通状态，同时红色发光管显示，表示工作在甲类偏置状态。在NPN管的基极回路中串联了手工开关和65℃的常闭温度开关，只有上述3个开关全闭的状态下可以保持甲类状态锁定。当其中的任意一个开路时，模拟晶闸管会实现状态反转，将状态切换到甲乙类，此时4N26不工作，红色发光管也熄灭。只有断电，重启机器后才可以恢复甲类状态。因此，本机既可以用手工方式切换偏置状态，也可以在过温时自动切换到高偏压甲乙类状态。

4. 电压放大级稳压电路

电压放大级稳压电路如图1（d）所示，功放电压放大级耗电约30mA，所以±70V输入处由B649/D669组成恒流源。设恒流源最大电流控制为(1.8−0.6)/22≈55（mA），其中1.8V为发光管的饱和电压。多出的25mA就被并联控制电路引到0V去以达到稳压的目的。由于镜像电流源的基极是接在一起的，也就是说它们的射极电压是一样的，TL431的参考电压=2.5V，跨于4.3kΩ电阻上的电压也是2.5V，用分压法算出输出电压是(2.5/4.3×100+2.5)+0.6≈61(V)，因此输出电压约60V。串联恒流源管散热功率是10×0.055=0.55(W)，并联泻流管散热功率是（60−0.025×2200）×0.025=0.125（W）。并联稳压负载部分串联一个3W电阻，这样三极管就不必加散热器了。当然，设计电路板的时候还是为泻流管设计了散热器，读者可以将2.2kΩ的大功率电阻省略而短路即可。若要精确调整并联稳压电源的输出电压，只要分别调整正负两个差分对管中集电极负载100kΩ电阻就行了。

5.负反馈模式切换

整机负反馈可切换全局反馈与局部反馈的，可通过印制板上的跳线解决。这样做可以方便读者体验两种反馈方式带来的音色上的细微差别。

6. 末级电流放大电路

末级电流放大采用5对ON的塑封对管21193/21194，设计单管静态为400mA，电路见图3。

7. 不需温度补偿的精密偏置电流电路

偏置电路采用南洋过客兄的不需温度补偿的精密偏置电流电路，电路如图2所示。

很多朋友制作功放时都是采用传统的热反馈偏置电路，时常会面对静态偏置电流热漂移而无法有效控制的问题，尤其是甲类功放。由于甲类机器工作温度高，再加上有时使用双极性三极管，有时候使用场效应管做功率管，而两种大功率管各自又有负温度效应和正温度效应之分，如果温度补偿失败的话，一把烧十几个管子是很普通的事情。

本文设计的偏置控制电路可以彻底解决静态偏置电流热漂移的问题。这个电路与用来控制输出直流电压的伺服

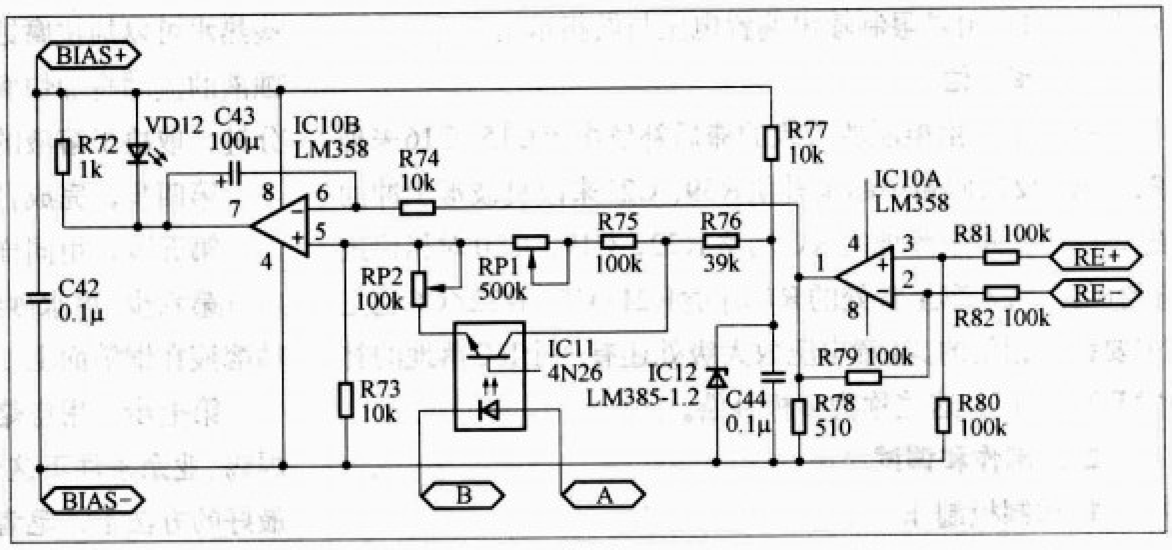


图2

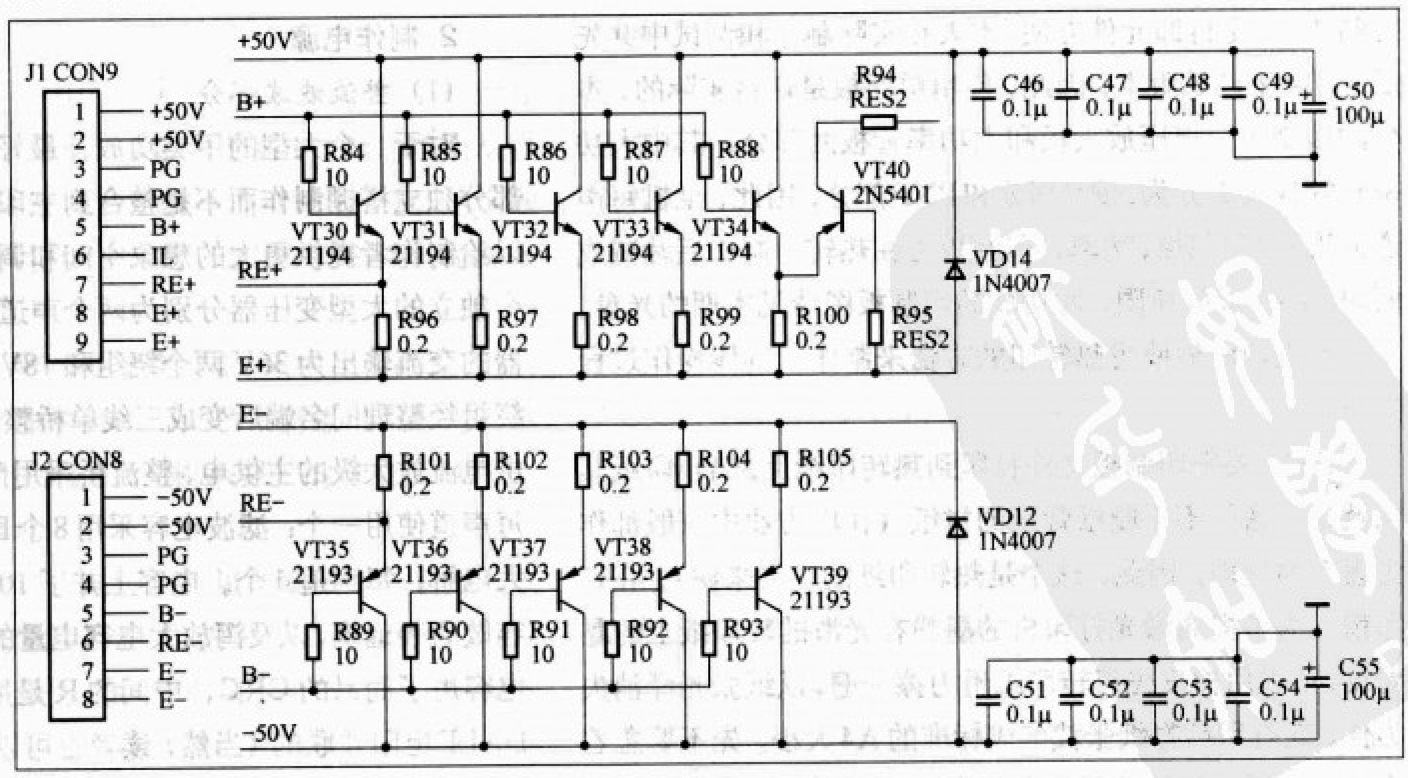


图3

电路原理一样，只不过前者是控制电流而后者则控制偏置电压。当然，这个电路主要是针对偏流较大的功放（如甲类放大器）的精密偏置电流电路。

在图2中，单电源双运放LM358之一设计成差分加法输入运放组态，分别从输出大功率管的P和N 管的发射极0.2+0.2Ω电阻取样，取样点分别为RE+和RE−，用运放正相和反相差分输入的方式组成加法电路。另一半LM358组成了积分比较电路，其中LM385组成1.2V基准参考电压，改变积分运放的同相端的输入参考电压就决定了电路的精密偏置参考电压。因此，在这个基准源中，巧妙地将甲类与甲乙类的状态切换包含在内，通过4N26光耦的导通与否来控制100kΩ与500kΩ可调节电阻的工作状态和等效并联阻抗。实际调整中两个多圈精密可调节电阻分别控制甲类状态的基准设定电流和甲乙类状态的基准设定电流。积分运放反相端的10kΩ电阻和100μF电容组成积分电路，使取样加法运放送来的误差电压与基准电压进行积分比较，积分运放输出成为最终的偏置电压。1kΩ电阻和红色LED的作用是限制输出偏置电压与做指示用。

8.频率补偿

整个电路由电压放大级的滞后补偿电容C15，C16来抑制自激，反馈回路中超前补偿R39、C22来改良波形上冲问题，反馈回路中落地的RC网络R32，C19，C20对相位进行补偿。输入孪生管处的RC补偿R21/C5，R22/C6也是主要针对相位的。注意电压放大级处还有一个RC落地的补偿R28/C17，这些称为多极补偿。

二、制作和调试

1. 印制板制作

本机印制板全部使用单面板，主要的原因一是适合自行制作，二是拆卸元件方便。本人在实际制作和调试中共先后开了4个调试版本，因此，使用单面板是切合实际的。本机的印制板分电压放大板和大功率管板两部分，其中大功率管的板又拆分为NPN部分和PNP部分，因此，全机每声道使用3块印制板，功率管印制板可在热转印制作后裁减成两块。由于篇幅所限，此功放的印制板图请见本期的光盘。

本机印制板使用热转印的方法来制作，具体操作过程如下：

首先，要将印制板文件打印到热转印纸上。热转印纸其实就是普通的不干胶纸背面的衬纸（在广告业中一般都作为废弃物处理，因此，这个是热转印纸的主要来源）。在打印前，为了提高激光打印机的墨粉在光滑的转印纸上的黏着度，可以用橡皮先将转印纸用力擦一遍，以纸张光泽消失为佳。在打印前将纸张裁剪成标准的A4大小。先不要急着将转印纸反面的粘纸部分全部撕掉，而是留3cm～5cm的粘纸在转印纸的一端，并将这一端作为A4的一头送人打印机进纸口，这样打印机由于纸张有了厚度就不容易造成输人打滑而影响输出质量。印制板的文件可以将BOTTOM LAYER直接打印在热转印纸上，文字面要将TOP LAYER经MIRROR镜象处理后才可以打印。

第二步是热转印。先将印制板面热转印，将印制板的铜箔面清洁一下，保证没有油污存在。然后将印制板放在三氯化铁溶液中稍微浸泡一下取出冲洗，这样做的目的是将铜箔面留下许多微小的孔，便于碳粉的吸附。完成这一步后，将打印好的热转印纸固定在铜箔板上，然后使用家用电熨斗，开到最大功率，反复用力加热，使转印纸上的打印机碳粉吸附到铜箔面上，前后要加热10分钟左右。待冷却后就可以将热转印纸从铜箔面上从一侧开始缓慢撕开。如果前面的步骤处理得好，你会发现热转印的效果是很不错的。如果对付比较宽的线条有少量碳粉没有吸附彻底，可以使用油性记号笔做些修补。

第三步是腐蚀。笔者使用传统的三氯化铁溶液腐蚀，加些热水可以加快腐蚀的速度，腐蚀中要不停地晃动，加快腐蚀液的流动将加快腐蚀的进程。整个腐蚀过程15分钟到30分钟，取决于溶液的浓度和水温。

第四步，完成打孔。

第五步，用同样的方法将元件面转印。

第六步，用水砂纸将碳粉洗刷，涂覆较高浓度的松香酒精溶液在铜箔面上。

第七步，用电烙铁吸少量焊锡将铜箔面均匀地挂一层焊锡。业余条件下这个是保护铜箔面不被氧化、方便焊接的最好的方法了，笔者十几年前制作的印制板至今仍闪亮有光泽。

2. 制作电源

(1) 整流滤波部分

对于一个大型的甲类功放，最好的做法是将整流滤波部分独立搭棚制作而不是整合到主印制板上，其目的是可以给制作者提供更大的想象空间和调整余地。本机采用两个独立的大型变压器分别为两个声道独立供电。每个变压器的交流输出为36V两个绕组和18V两个绕组。36V两个绕组经整理同名端后变成三线单桥整流，整流出空载±50V供电流放大级的主供电，整流桥采用摩托的35A大桥两个，每声道使用一个；滤波电容采用8个BHC 33000μF/63V大电解，每声道4个。电容上并了10μF的固体MKT电容做高频退耦，以及泻放大电容电量的功率泻放电阻。滤波电容用了简易的CRC，中间的R是用两个0.2Ω/5W的DALE电阻并联的（当然，读者也可以灵活使用4线制改为双桥整流滤波得到主电压，以及采用不同的滤波电容组合

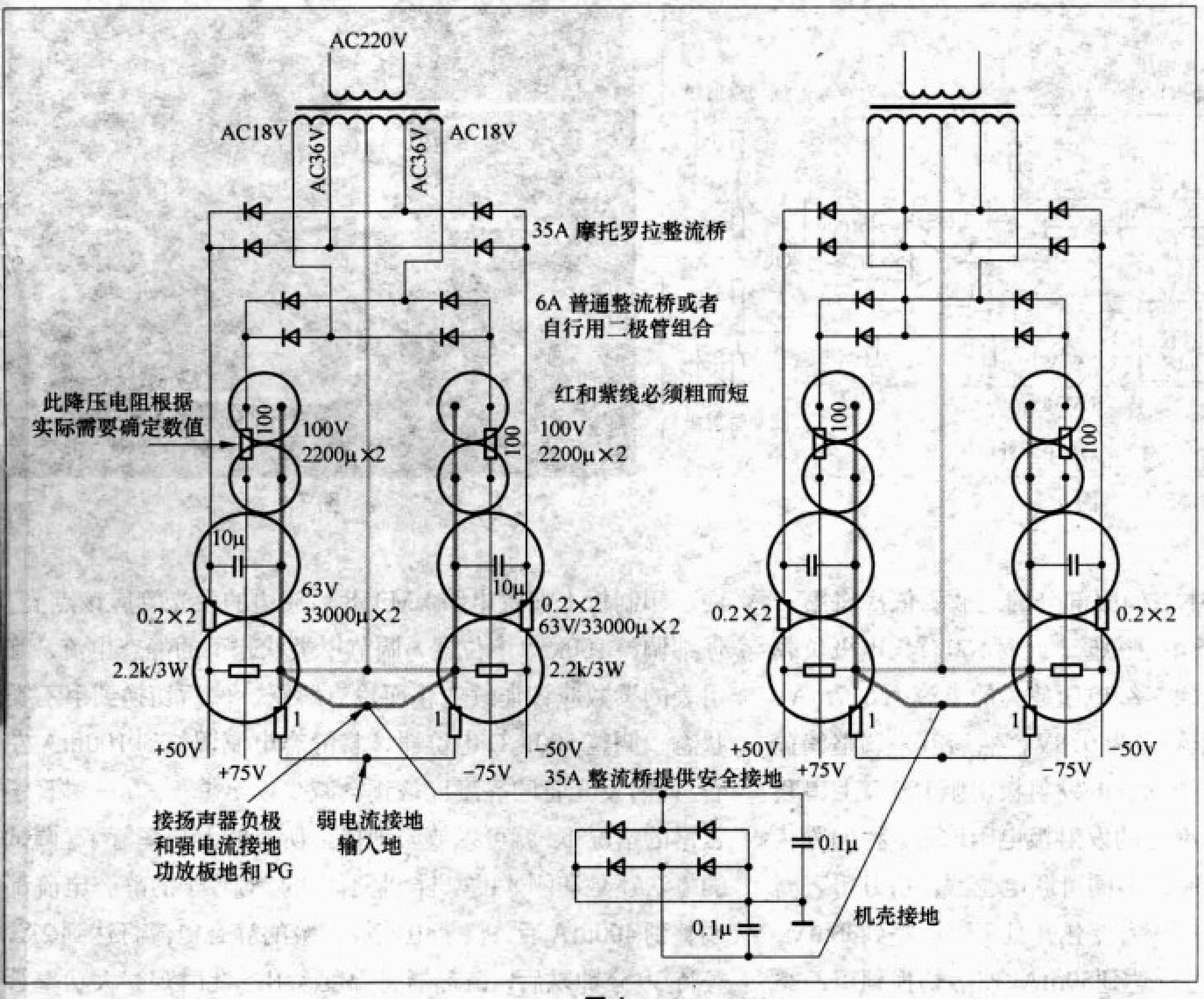


图4

方式。这就是使用独立双绕组的用意所在）。由于电解容量太大，实际调试中引起了家用电表的跳闸，后来只好加入了开机延时模组（这是本机唯一不是自己设计制作的套件了）。将18V交流叠加在36V绕组上可以整流滤波出空载75V的直流供电压放大部分的稳压电源，高压滤波电容用8个ROE 3300μF /100V。这部分电路的连接参考图4。

（2）**接地部分**

整机接地严格区分弱信号地和强信号地。弱信号地在图纸上表示为SG。如图4所示，采用两个1Ω的电阻从强电地悬浮引出，以隔离强电地给信号地带来的干扰。这个地连接到主电压放大板的PG上，另一个PG接口接的是输入RCA端子的负端。

强电地在滤波电容的中心连接点，采用星型接地方式，分别连接了输出扬声器的负端、大功率管板的电源退耦地PG、电压放大扳的电源地PG、机箱保护的安全接地点。

（3）**机箱安全接地**

两个声道的地线自成系统，其星型地线点分别接到安全保护桥堆的两个交流输入端子，并分别用0.1μF的耐高压电容以高频交流接地方式联结机箱安全接地点。桥堆的正负输出端分别接机箱安全接地点，所有的安全接地线均通过桥堆的固定螺丝紧固在机箱上，这样既可以防止可能发生触电的危险而又能隔绝外接不同机器时所可能形成的地环路。

3. 电路调试

调试的思路很简单：先调整好各电源的整流滤波正常，然后测试并联稳压电源，接着调试保护电路。这些外围解决后，就是主放大电路了，也是按照先差分级，再电压级及偏置部分，最后按推动级及电流放大的顺序调整。

（1）**调试主电源及辅助电源**：首先要按照图4的示意制作好电流放大主电源和电压放大辅助电源的整流滤波部分，这些都是根据各自的机箱，自行发挥想象搭棚制作的。建议优选采用螺丝接口的高压滤波电容，其滤波系数相对大一些，大电流输出能力也相应比较优秀。有RIFA、BHC、PHILPS、ROE等品牌电容可以供选择。通电后测量±50V以及±75V空载输出电压是否正常，如正常的话，用大功率电阻连接在主滤波电容的两个接线端子上，再将剩余电量泻放掉，就可以做下一步的工作了。

（2）**调试电压放大部分稳压电源**：焊接好主放大板的稳压电源部分，接入75V电源，在稳压电源的正负输出端分别并联1.2kΩ /5W的大功率电阻做假负载，测量稳压电源的输出是否为±60V，如有异常，需仔细检查。

（3）**调试保护电路**：焊接好μPC1237以及外围电路。连接好±50V电源以及从变压器AC36V抽头处接来的AC36V交流端子。开机，继电器应在3秒左右吸合，关机继电器应马上跳开。在主放大板的E+或者E−点对PG点用一节干电池连接，继电器应等待一些时间跳开，这说明中点电压检测部分正常了，将干电池反接情况也应该一样。将IL点对PG短路一下，继电器应立即断开，同时不会自行恢复，这说明过流保护部分基本正常了。

（4）**调试主放大板**：对新手来说，还是焊接一级调试一级的方法比较稳妥，出了问题也比较好解决。先不要焊接中

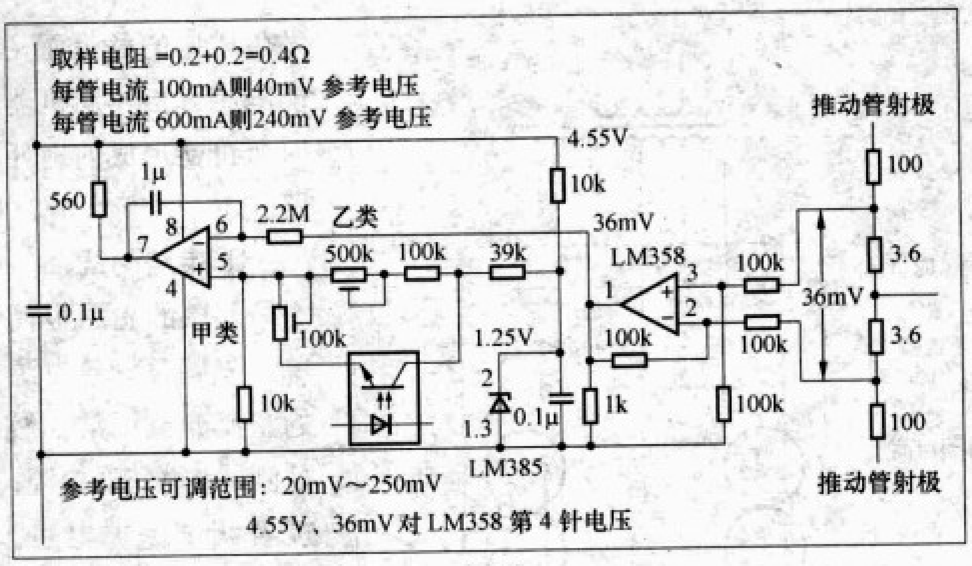


图5

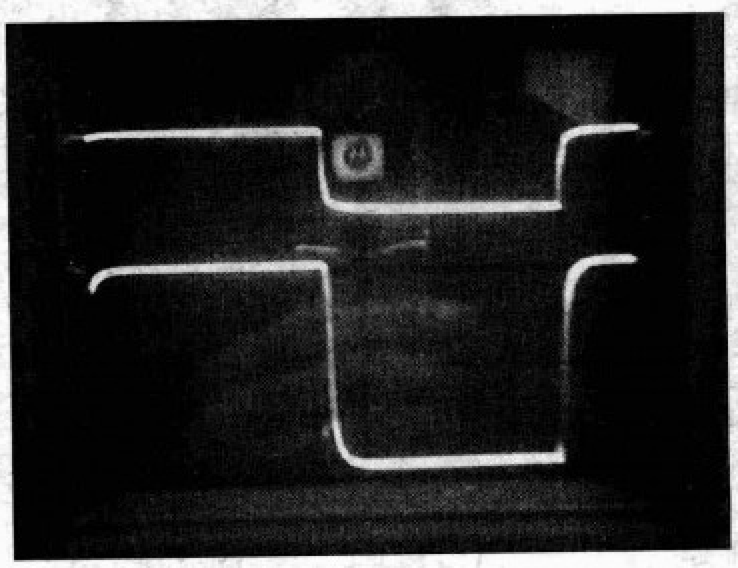


图7

点伺服部分或者不插上中点伺服部分的运放。依次将第一级差分的电流调整为2.5mA/每管。此时560Ω集电极负载电阻上的电压为1.4V。第二级电压放大的电流为6.7mA，120Ω负载电阻上的电压均应为0.8V，然后就是调整偏置电路了。如图5所示，在推动管的发射极电阻100Ω上串联3.6Ω电阻，以模拟大功率管的发射极电阻取样。将偏置状态设定为甲类，调整100kΩ多圈可调电位器，用万用表测量两个3.6Ω电阻上的电压应有变化并且可以调整到36mV。这时推动管的静态电流可以达到50mA，然后切换到甲乙类状态，两个3.6Ω电阻上的电压也应有变化。断电前将上述电压调整的小一点儿，然后就可以进入下一步了，即连接大功率管统调。

(5) *接上大功率管最后统调*：为了安全，建议还是先上一对大功率管。将刚才测试偏置电路时加出的2个3.6Ω电阻拆除，电路板复原，然后依次将大功率管板的相应接口连接到主电压放大板的对应接口上。检查无误后通电，用万用表监测功率管的发射极电阻上的电压，此电压应在80mV以内。印制板上偏置电路LM358运放边的发光管应该点亮。仔细调整100kΩ电位器，调节甲类状态下的静态电流，万用表的读数应该连续变化而没有跳跃。然后切换到甲乙类状态，调整500kΩ电位器，将静态电流调整到100mA左右。此时发光管的亮度应该逐渐减少以至熄灭。在一对管子正常的情况下，就可以放心地接上所有的大功率管了。调试的方法还是和刚才的一样。将所有的5对管子的静态电流都调整到400mA后，整个电流放大级的静态电流将达到2A，等待30分钟以后，散热器将温度上升。此时观察大功率管的发射极电阻上的电压，此电压应在80mV上下波动。如图7所示，用两块5mm厚的铜排配合480mm×260mm×85mm的散热器可以应付在供电电压为±50V、静态电流为2A下工作。经过1个小时的烤机，散热器温度达到了59℃。设定抽样管的初始电流经过温度的上升，测定电压从80mV下跌到78.8mV，也就是意味着电流从400mA下降到394mA，误差相当小，各管子的静态电流变化在设定值的2%以内，应该是相当的理想了。由于积分运放的积分电容使用了100μF，开机后偏置电压是缓慢上升的，功率管达到设定静态电流差不多要花30秒钟的时间。实际使用中可以使用10μF的电容，兼顾反应速度和稳定性。

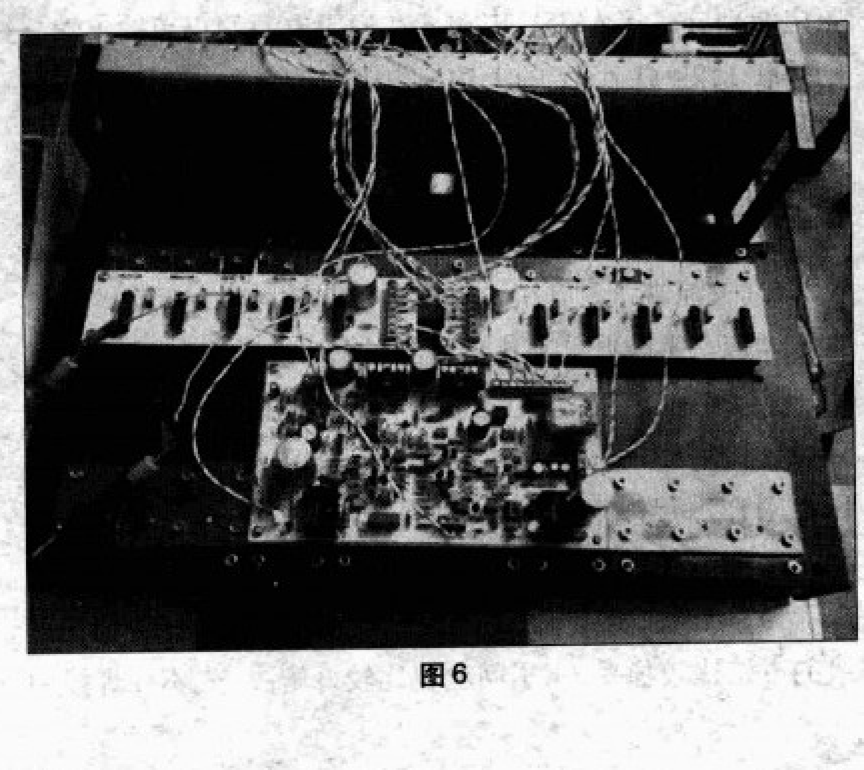


图6

此时，在没有中点伺服电路的情况下，如果管子配对良好，整个放大器的输出中点电位可以达到50mV以内。加上中点伺服电路的情况下，输出中点可以稳定在5mV以内。

(6) *调试输出波形*：输入端接上信号发生器，输出端接10Ω/50W的大功率电阻做假负载。用双踪示波器仔细观察100Hz、1kHz、10kHz、20kHz的方波输出波形与输入波形的比较。通过调整C1电阻和68pF电容的大小来矫正20kHz方波的输出波形。C1的调整范围为220pF～470pF，68pF可加大到100pF。主要取决于使用的功率管不同，是不同的f_t所致。比如我先后使用过东芝的C5200/A1943以及ON的MJL21193/21194，他们的补偿参数就有很大的差

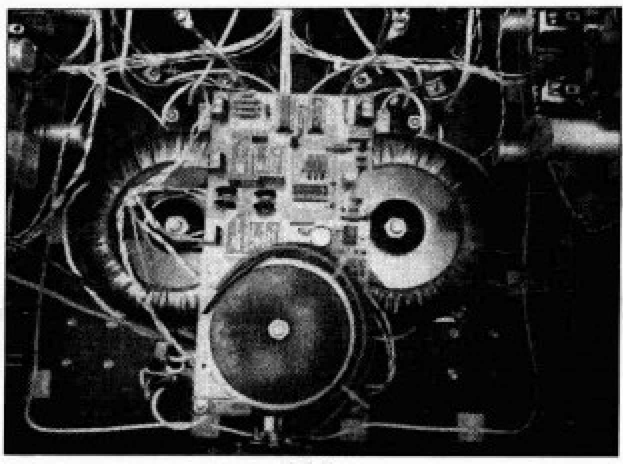


图8

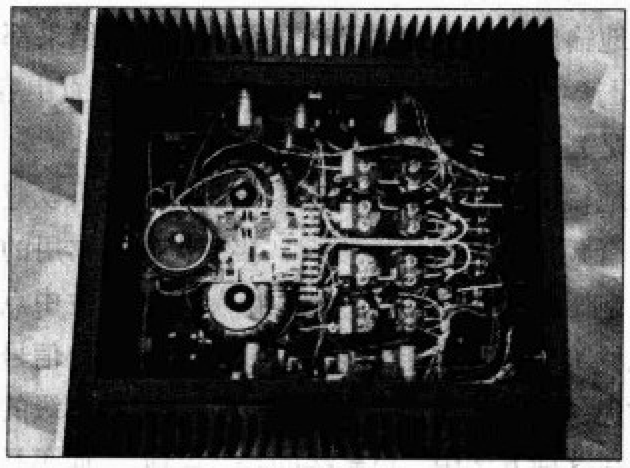


图9

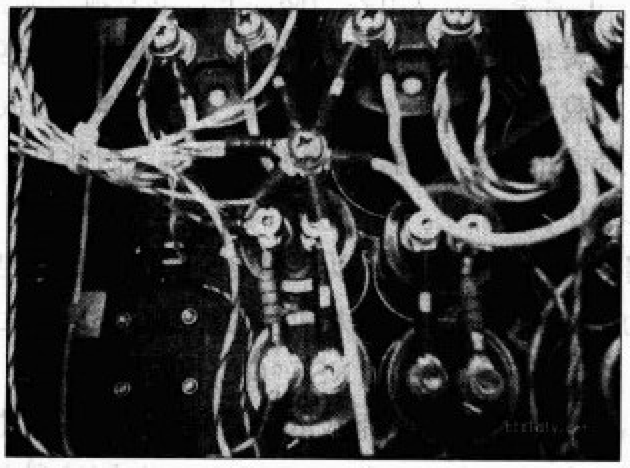


图10

图11

异。

4. 整机装配

整机的装配图如图8所示。偏置切换部分只要一个声道的主电压板上存在就行了。每个声道的3块印制板安装在散热器上，用双股特副龙镀银线做机内连线，单支线径1.2mm。主电源大电流处使用了直径2.5mm的特副龙镀银线。其他功率管的供电及输出音箱线均采用双线绞合的办法。两个声道印制板由于没有做镜像，因此输出至扬声器端子的连线是不等长的，长的一段做了无感的折叠处理。

交流电引入从机箱底部两侧走线，汇集到前部接线排座。然后分别去开机延时模组和变压器，尽量减少交流电对输入部分的干扰。功放的内部布局如图9所示。图10所示的是本功放制作的一个亮点——“星形接地”。

机箱的尺寸为480mm×490mm×270mm，重量在25kg左右。散热器的尺寸是480mm×260mm×65mm，单边重量8.5kg，加上紫铜均热条后的散热器单边重量达到10kg以上。还有变压器和电容等大个子元件的重量，整机重量接近50kg。整个功放外形如图11所示。为了便于搬运，笔者在机箱底部安装了万向滑轮。读者未必像笔者一样使用如此巨大的机箱，可根据需要，选择适合自己的机箱。电源电压可以适当降低以减少静态耗散功耗，当然，满功率输出将有些许下降。

三、主观听音测试

主观听音：

本功放在经过几个星期的褒机老化之后便可以体会到本机给你带来的美妙效果及感受。首先是信噪比，虽然本机的静态电流已经达到2A，但若不是夜深人静时根本感觉不到本机在工作。甲类功放最适宜播放的就是人声等中频比较突出的音乐。当播放蔡琴的《怀念名曲》时，蔡琴那婉转、自然、充满磁性，略带沙哑的歌声必能让你长久地沉溺在她的歌声之中。试听钢琴协奏曲《黄河大合唱》，琴声高音清脆明亮、中音铿锵通透、低音丰满雄厚，有力且富有弹性，曲中大动态部分表现也稳如泰山，能量感充沛。当试听喇叭花的试机名碟《my dics》时，那弹跳感十足的爵士音乐简直是令人乐不思蜀，欲罢不能。测试碟中的音频测试部分也完全通过了本次听音测试。总体，这款甲类机器音场开阔，细节表现突出，声音定位准确。音乐表现能力则完全符合全对称差分电路结构的声音趋向，温暖但不含糊。

设计指标：

输出功率：60W+60W （8Ω负载，纯甲类）

100W+100W（8Ω负载，甲乙类）

谐波失真：没有测试

频响：20Hz～20kHz、±0.5dB

转换速率：>50V/μs

输入阻抗：22kΩ～

信噪比：>100dB

负载抗阻：2Ω～8Ω

浮地输出的功放集成电路

文 / 吴红奎

单电源供电、单端输出的功放电路，可以近似理解为单电源供电的OTL功放，因为功放输出端的直流电位不是零而是大约为电源电压的一半，通常需要通过一个隔直（流）的大容量输出耦合电容与负载扬声器连接，这个输出电容就成了人们诟病OTL电路的主要原因之一，尤其是影响低端频响的主要原因之一，在便携应用中，也是影响电路体积的主要因素之一。要取消这个输出电容，一个最常用的方法是采用OCL电路，这需要双电源供电，在只有单电源的系统中应用起来不太方便，如车载应用；二是BTL电路，需要双倍的放大电路，负载不接地，每一路功放的负载都需要独立的两根连线，对多路功放而言，电路的成本高而且更多的负载连线；三是改变电源的供电方式，增加直流电源变换电路，即DC–DC变换电路，将单电源变换为双电源，功放电路就可以采用OCL了，而且，只要电源的容量没有问题，功放的输出功率也可以做得很大，大功率车载功放就普遍采用这种方式，不过开关电源会有EMI问题并且成本不菲；四是浮地输出，让负载连接到电源的中点，即“浮地”，也叫“虚地”、“模拟地（并非数字电路中特指的模拟电路的地）”，听起来是不是与OCL有点类似？从广义上来说，其实是一样的，只是负载的接地点不是电源的“地”而已。

浮地输出方法需要一个功率型的中点电压的电路，目前从成本上来说，并不比BTL低多少，由于还是单端输出电路，输出功率并没有增加。这种方法的好处是负载扬声器有了公共“接地”点，负载与放大器之间的连线减少了，适合于对负载连线数量要求苛刻的应用。由于性价比不高，直到目前，这种方法最早用于小功率电路，在大功率场合并不常用。

音频功放浮地输出方法，最先用于耳放电路。早期我们熟悉的LAG665（一款随身听单片IC）就已经开始应用这种方法，后来单独的耳放IC以及内置耳放电路也开始广泛采用这种方法，如采用“CAPLESS”（少电容）技术的耳放IC。随着“电荷泵”的发展，负载可以直接接地的“CAPFREE”和“DirectPath”技术开始应用，如OPA4411，MAX4410就是此类产品。

浮地输出和“电荷泵”在思路和最终的结果都非常类似，就是产生一个中点参考电压，取消输出隔直电容，但是实际上是完全不同的两种方法。

浮地输出采用的是线性模拟电源，这样可以避免电磁干扰对音频信号产生负面影响，集成电路中常用的方法是用一个电压跟随器（voltage follower）来产生中点参考电压，也称为1/2电源电压电路，这种方法在小信号电路中比较常见。如果用于功放输出级，就需要功率级的电压跟随器，在这种方法中，负载接的是“浮地”，而不是电源的“地”。“电荷泵”是以电容为储能元件的直流电源变换器，将单电源转换为双电源给输出级供电，内部放大器相当于OCL，负载可以直接接电源的“地”。由于体积和成本的原因，电荷泵的功率目前还不能做得很大，因此目前还主要用于耳放中。

用一个运算放大器可以把单电源变成一个双电源，如果对功率有要求，就需要大功率的运放，在成本上不是很划算。图1所示的是采用NSC（美国国家半导体）公司的大功率运放（LH0101）组成的一个实用电源变换电路，运放接成了电压跟随器的形式，正相输入端6脚接到电源电压的中点，通过两个电阻R1和R2分压获得，R1 = R2，则LH0101输出端的电压就是电源电压的一半，输出的中点电压的精度取决于电阻R1和R2之间的阻值误差以及温度稳定性误差。图1中运放输出端的GND就是双电源的“地”，

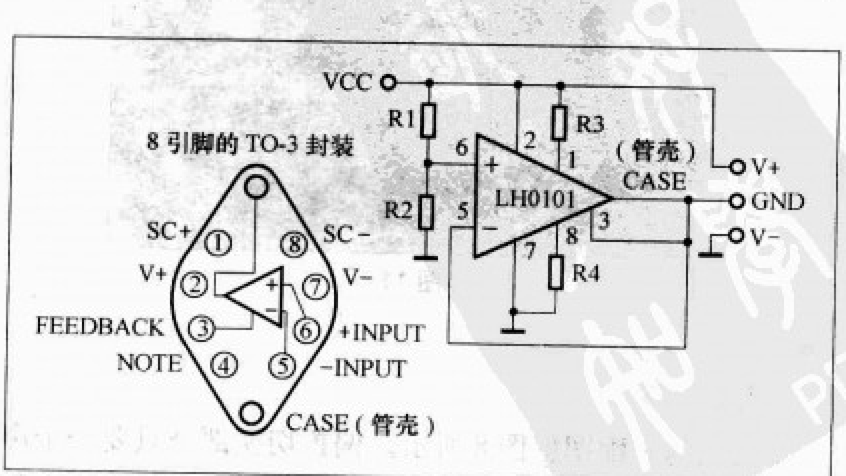


图1 用运放把单电源变成双电源的功率型电路

接地符号是原来电源（VCC）的“地”，转换后就变成了负电源V－，正、负电源的电压为输入电压VCC的一半，二者的绝对值相加，仍然与VCC相等，因此功放的输出功率不会增加。LH0101是一个可以输出2A电流的大功率运放，采用的是TO-3的金属管壳式封装，不但体积与一个输出电容相当，工作中也还会发热。类似的大功率运放还有LM12以及TI公司的OPA675等。

浮地输出的功放与上述方法类似，通过电压跟随器产生一个电源电压一半的电位，这一电压缓冲（voltage buffer）电路可以理解为一个有大电流输出能力的电压源。图2就是这样一个实例，功放IC的型号是TDA8586Q，飞利浦公司的产品，主要针对车载应用。TDA8586Q采用单电源供电，输出没有隔直电容，负载不是接电源的“地”，而是接到了电压缓冲输出端，即3脚（15脚），这就是“浮地”（虚地）。从图2中显示的TDA8586Q的内部电路框图还不难看出，TDA8586Q的输入是四路，输出也是4路，从信号放大的角度来看，相当于四通道放大器，但是它的内部实际上是6路放大器，其中的2路，包括功率输出级，即OA2和OA5用来产生中点电压的缓冲输出了。看一下OA2和OA5，是不是和图1有些相像？

TDA8586Q的输入方式也有些特别，这种输入方式被飞利浦公司称为“伪平衡输入”方式，相邻两个通道的输入端实际上反相的，输出端也是反相的，这就是说，在立体声应用中，应该注意扬声器的连接关系，所以图2中标出了功放输出端和扬声器连接端子极性，在通常采用的同相输入方式的功放电路中，这种差别常常被忽略，因为除非是高保真系统，采用的音源也是HiFi音源，这种影响确实可以忽略，而图2所示的电路，最好按照图示极性进行扬声器单元与功放电路的连接，否则对音频重放效果的影响还是比较明显的。

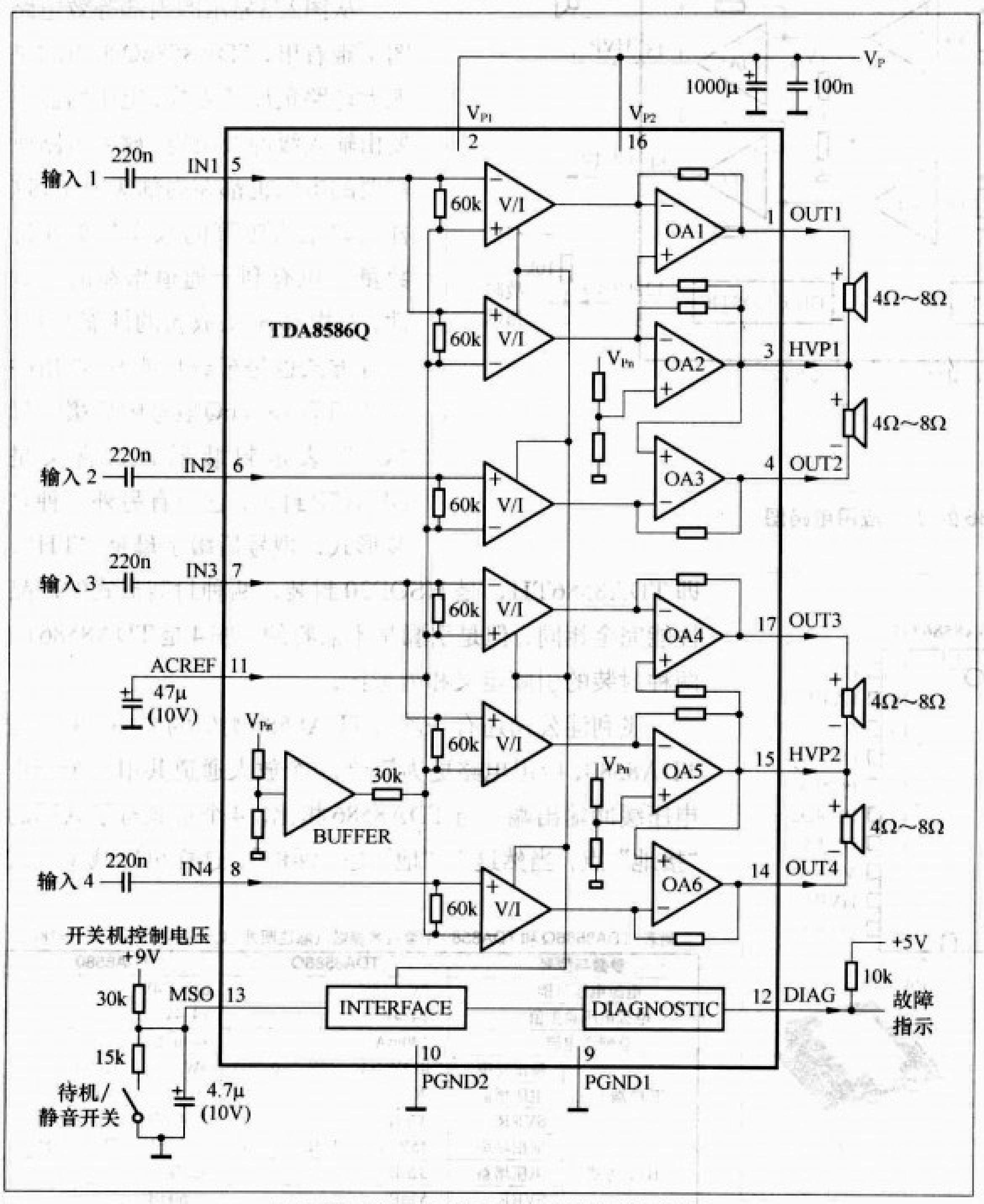


图2 TDA8586Q的四通道应用电路原理图

“伪平衡输入”的主要优点是SE/BTL应用的转换非常简单和方便，因为它的输入端一个是正相输入，另一个是反相输入，BTL应用只需要将两个输入端直接连接即可，SE是双通道立体声的意思。这种方法，ST的车载音频功放IC也经常采用。“伪平衡输入”的输入缓冲推动级一般采用共用的参考电压源，如图2所示的TDA8586Q内部框图中的V/I放大器就是输入缓冲推动级，“BUFFER”就是参考电压源电路，由此带来一个附带的优点是多个通道的输入缓冲级可以共用一个交流旁路电容，这有利于减少外围元件的数量，在有些产品中，甚至旁路电容也可以省略，如ST的TDA7266。

TDA8586Q的每两个通道共用一个中点电压缓冲输出单元，这种配置形式可以让TDA8586Q实现SE/BTL的自动转换，由OUT2和OUT4的负载连接状况决定，如果没有负载连接，电路会自动转换到BTL方式，OUT1和OUT3连接的负载不用改动，相应的，IN2和IN4的输入端需要接地，这可以用输入插口的动触点实现转换，如图3所示。也可以通过系统DSP进行控制，

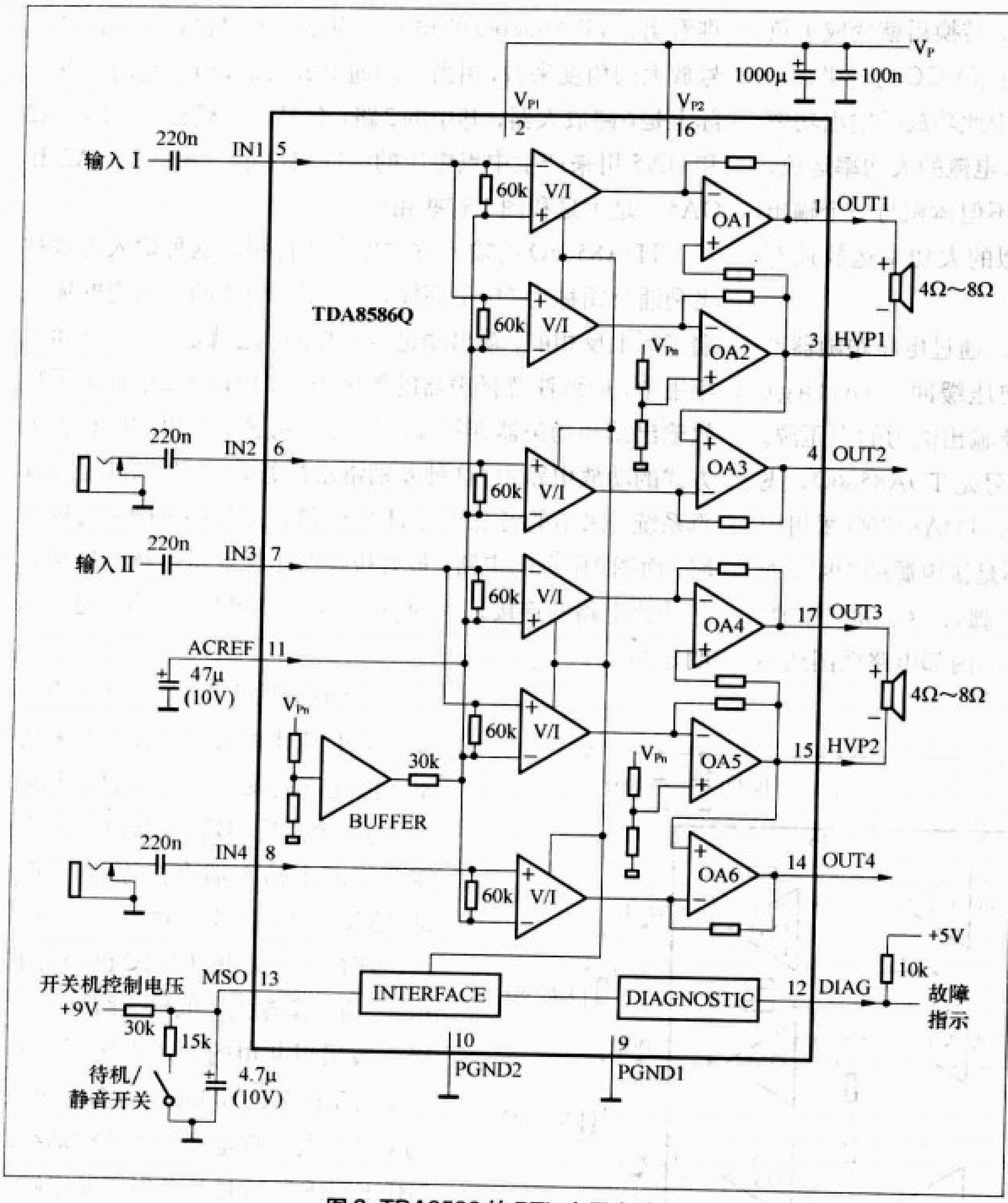


图 3 TDA8586 的 BTL 应用电路图

以电子开关方式进行转换。当然，如果不需要这种 SE/BTL 自动转换，TDA8586Q 的 BTL 应用也可以采用通常的连接方法，IN1 和 IN2 直接连接，负载接 OUT1 和 OUT2 而让 HVP1（3脚）悬空，这样可以节省两个输入电容，即6、8脚连接的220nF的电容，连接方法可以参考图6。不难发现，图3中，TDA8586Q的两个通道，即OA6和OA3闲置了，因此对于BTL应用，采用TDA8586Q并不划算，从这个意义上说，TDA8586Q就是为单电源供电、四通道、单端输出方式的放大器而设计的。

从图2、3显示的内部等效电路图不难看出，TDA8586Q采用的是无大环路负反馈方式，电压增益主要由输入缓冲级决定，放大电路所需要的电阻也都在内部集成了，这样可以最大限度的减少外部元件数量，也有利于通道增益的一致性，对提高BTL放大的性能有利，这种方法也是车载功放 IC 惯用的方式。TDA8586Q型号中后缀字母“Q ”表示封装形式，含义是 DBS17P 封装，它还有另外一种封装形式，型号后缀字母是“TH”，即 TDA8586TH，是 HSOP20 封装，两种封装形式的产品性能完全相同，但是引脚是不兼容的，图 4 是 TDA8586 的两种封装的引脚定义和外形图。

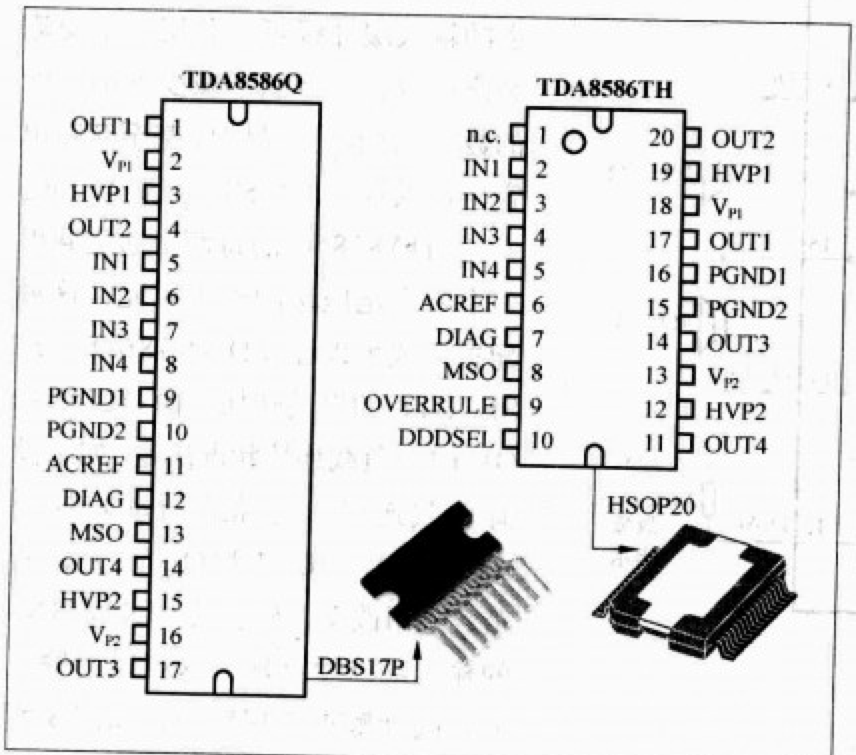


图 4 TDA8586 的封装外形与引脚定义

飞利浦公司还有一款与TDA8586类似的产品，型号是TDA8580，应用电路更为简单，4个放大通道共用一个中点电压缓冲输出端，与 TDA8586 相比，4 个负载有了共同的“接地”点，当然这个“地”是“浮地”，这样可以减少负载

附表 TDA8586Q 和 TDA8580 主要技术参数（除注明外，V_S=14.4V，R_L=4 Ω，f=1kHz）

参数与型号		TDA8586Q	TDA8580
电源电压范围		8V～18V	8V～24V
电源电压典型值		14.4V	14.4V
总静态电流		140mA	140mA
SE 单端方式	输出功率	4.5W（V_S，THD=0.5%）	4W（V_S，THD=0.5%）
	电压增益	26dB	26dB
	SVRR	47dB	≥ 45dB
BTL 方式	输出功率	15W（V_S，THD=0.5%）	15W（V_S，THD=0.5%）
	电压增益	32dB	32dB
	SVRR	55dB	≥ 60dB
THD		0.05%（P_o=1W）	0.05%（P_o=1W）

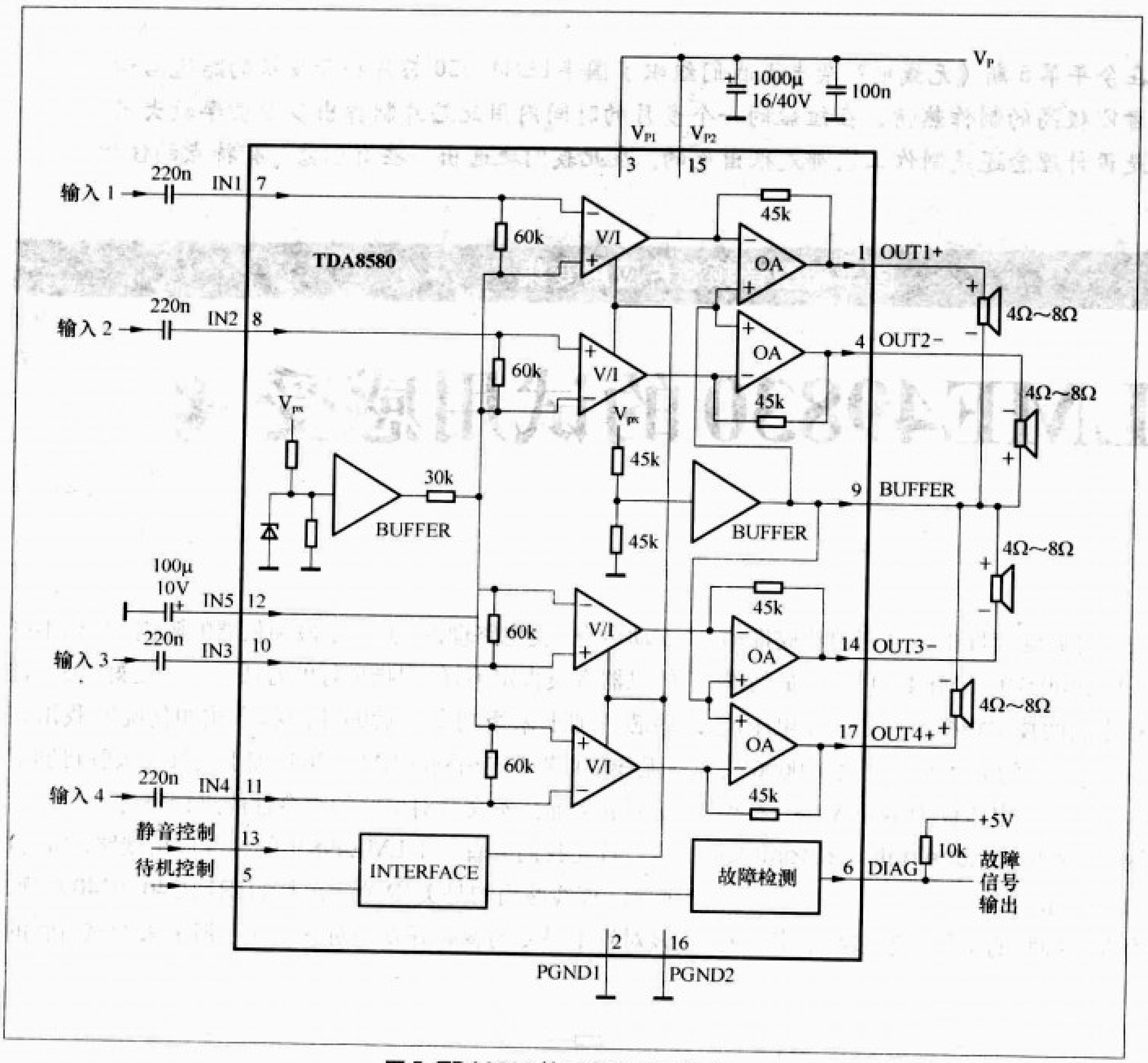


图 5 TDA8580 的四通道应用电路图

连线数量，不过，TDA8580不支持SE/BTL的自动转换。TDA8580有一个改进型号，TDA8580J，二者采用的都是DBS17P封装，功能和引脚也都是兼容的，只是某些技术指标的细节上有区别。图5是TDA8580的四通道单端输出的应用电路图，BTL应用电路图如图6所示，与图5相比，只是输入、输出端连接关系的变化。

浮地输出的功放IC在性价比上与BTL相比没有什么优势，每个放大通道的输出功率也比BTL方式要小，因此，目前在车载功放IC产品，中小功率领域目前几乎全是BTL的天下，浮地输出的功放IC还不太多，应用也还不够广泛。不过，浮地输出的功放IC，负载连接电路相对简单，有着自己的独特优点。

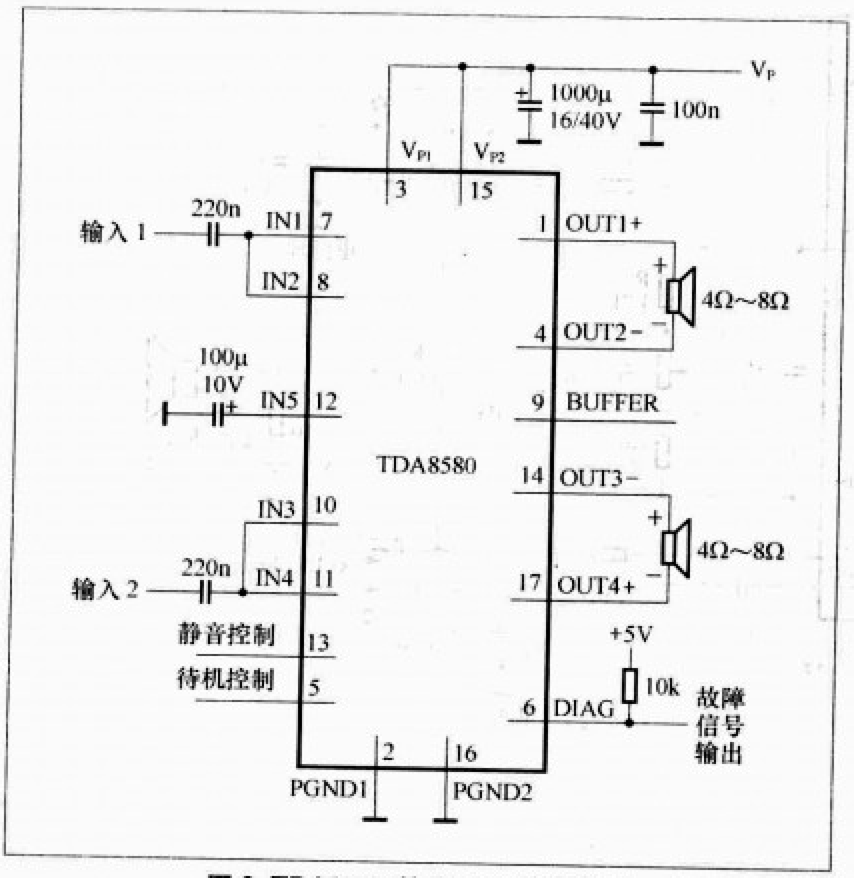


图 6 TDA8580 的 BTL 应用电路图

除了车载应用，将车载功放IC移植到多媒体应用也是不错的选择，这方面的成功案例应该首推TDA2003，其后，TDA2003A、LM1875曾经成了多媒体功放的首选。当然，LM1875并不是专门针对车载应用设计的，只是与TDA2003系列的引脚兼容而已。TDA8586和TDA8580是四通道功放IC，除了做多声道放大之用，电子分频也是不错的玩法。

为了便于对比参考，将TDA8586和 TDA8580主要技术参数列于附表，表中的THD是“total harmonic distortion”的缩写，中文含义是“总谐波失真系数”，SVRR是“supply voltage ripple rejection”的缩写，中文含义是“电源电压纹波抑制比”。

编者按： 在今年第5期《无线电》杂志上我们组织了国半LEM49830芯片和开发板的赠送活动，获得芯片的读者以极高的制作热情，在短短的一个多月的时间内用此芯片制作出多款功率放大器。很多作品无论是设计理念还是制作工艺都是很出色的。在此我们挑选出一些有创意、有特点的佳作供大家分享。

国半新型音频芯片应用专集

LME49830的试用感受

文/伦 音

美国国半公司自去年开始陆续推出一系列的功放推动级芯片，如：LM4702、LME49810、LME49811等。最新推出的LME49830具有相当高的技术指标，比如工作电压范围宽达±20V～±100V、1kHz的失真度典型值0.0006%、转换速率达39V/μs、残留噪声电压仅为44μV等。有兴趣的读者可到国半的网站（http://cache.national.com/ds/LM/LME49830.pdf）详细了解。

制作音响电路是个非常细腻的工程，很多细节牵一发而动全身。受电路理论、测试手段和仪器的限制，指标不好的机器音质肯定不好，但指标好的音质也不一定好。国半这些芯片加上末级功率管后的性能和音质如何呢？我用在《无线电》杂志申请到的LME49830加上后级功放管自制了功率放大器。本文将对电路的综合性能进行研讨。

首先我们来看一下LME49830的标准应用线路，如图1所示。该线路用的是美IR公司出品的IRFP240/9240对管，该对管不是专为音频开发的对管。从手册上来看该对管的

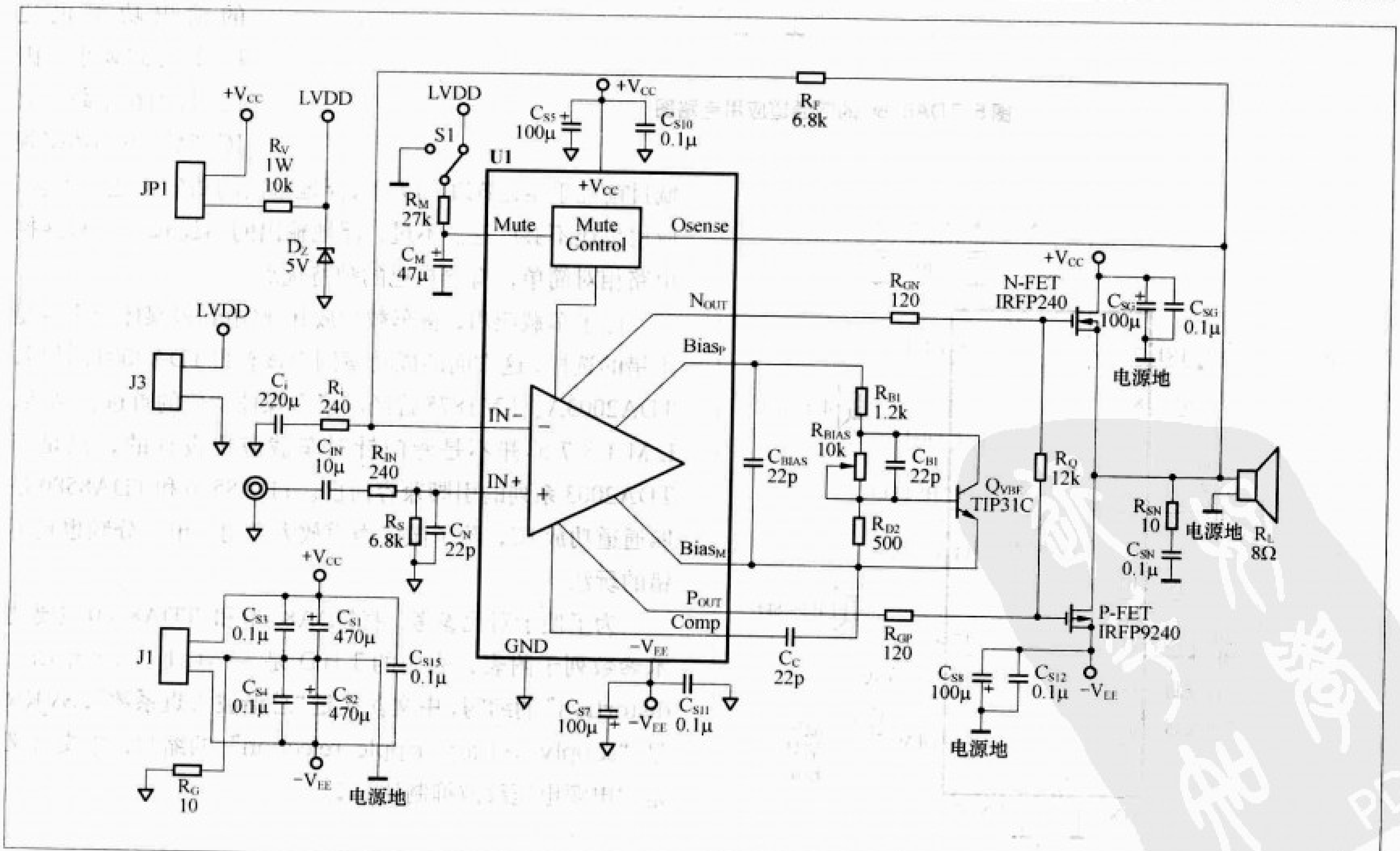


图1 LME49830标准应用电路

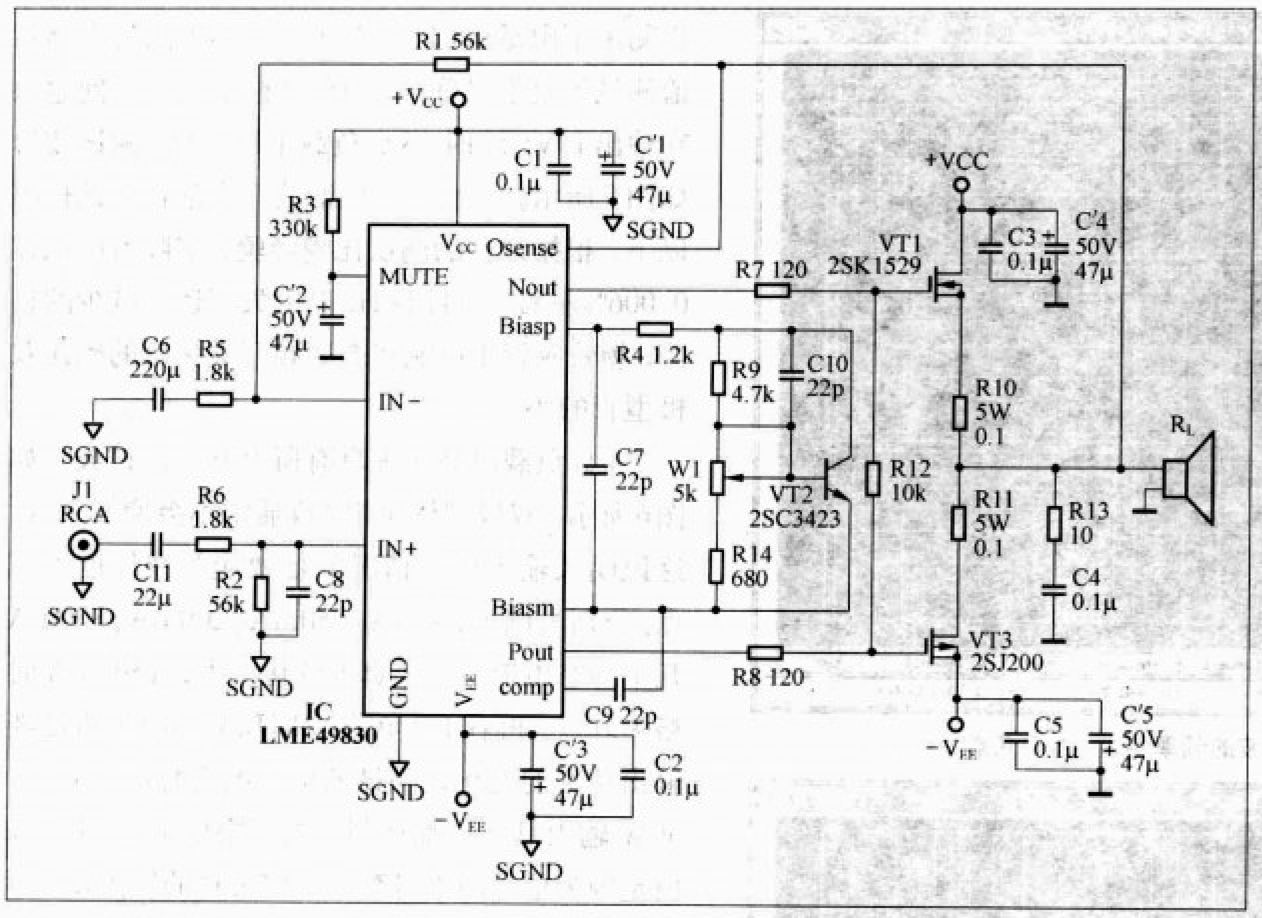


图2 本人设计的功率放大电路

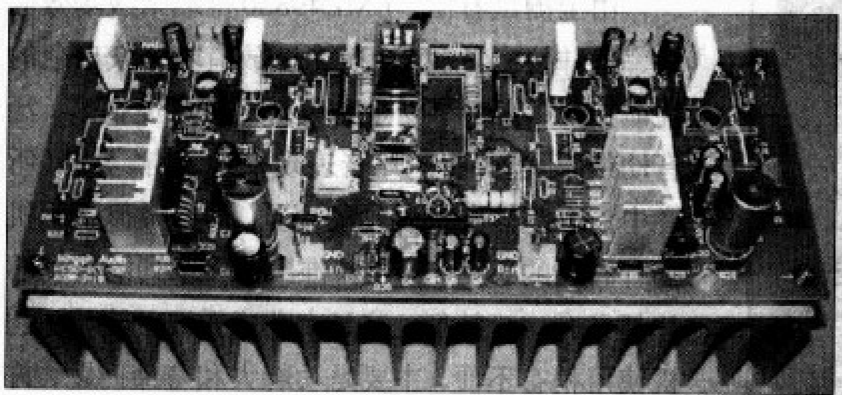


图3 本人设计的功率放大电路的外观

对称性也不是很理想，比如输出特性曲线簇中V_{GS}为4.5V时N沟道管IRFP240漏极电流为0.6A，而P沟道管IRFP9240却接近了2A，显然对称性欠佳。不过该对管也不是一无是处，它的大电流输出能力比较强，而且大电流时两管的对称性逐渐变好。由于本地较少出售此管，在此就不深人讨论了，有兴趣的朋友可以试试。该线路另一个比较特殊的地方是线路中输入电阻和负反馈电阻的取值很低，仅为240Ω和6.8kΩ。较低的取值有利于减少输出端直流漂移电压和抑制噪声，但是输入耦合电容和负反馈端隔直电容的取值就要相应较大，否则低频响应会变差。从高保真的角度来看，功放的低端截止频率为20Hz是远远不够的，一台DC放大器与一台下限截止频率为10Hz的交流放大器低频听感是不一样的。从高保真选料的角度来看，大容量电解电容由于自身感抗较大而高频特性不理想。还有太低的输入电阻也将增加信号源的负担，因而在没有前级缓冲的情况下最好不要将输入端电阻的阻值取得过低。

结合几种因素，本人设计的功率放大器的原理如图2所示，电源（+V_{CC}、−V_{EE}）为±40V，采用东芝专用的音频场效应对管2SK1529/2SJ200。该对管对称性明显比IRFP240/9240对管好，并且比较容易购到。输入和反馈端电阻分别取1.8kΩ和56kΩ，折算放大量约30dB，输入和反馈端电容取22μF和220μF，10Hz时低频下降仅−0.03dB，静音端为了简化电路没有采用稳压管而是用一个300kΩ直接接到V_{CC}，流经芯片内部的静音电流为130μA，符合手册要求。

实际制作时，PCB采用与LME49810通用的模板，一块板双声道带保护电路。外观如图3所示。

信号通路电阻选用美国DALE军品金属膜电阻，耦合和反馈电容为日本化工音频专用无极电解，主滤波电容为NOVER品牌（10000μF×2），肖特基高速整流，末级K1529/J200经图示仪挑选配对。接地非常重要，接地不好将在输出波形上出现振铃和畸变。本电路中最主要是应使小电流地（“标SGND”的地）和大电流地分开走线再接到主滤波电容的中点。电源退耦也非常重要，芯片的V_{CC}和V_{EE}不能只采用0.1μF的小电容滤波，必须各并联一个47μF左右的电解电容。芯片与功率管的正负电源线必须各自从主滤波电容的接线端子引出。经过如此处理后，即使芯片与末级共用一组电源，输出波形也非常漂亮。100kHz的输出波形如图4所示。

为了进一步了解本功放的性能，使用了意大利出品的CLIO音频分析仪测试各种情况下的失真度（该分析仪的失

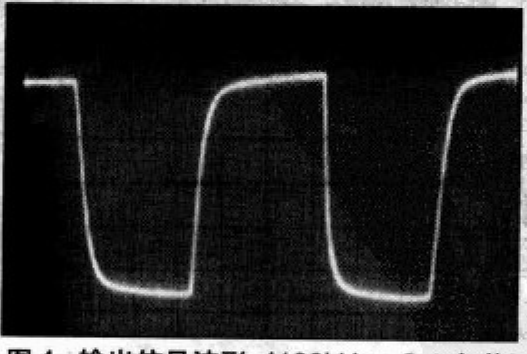


图4 输出信号波形（100kHz、8Ω负载）

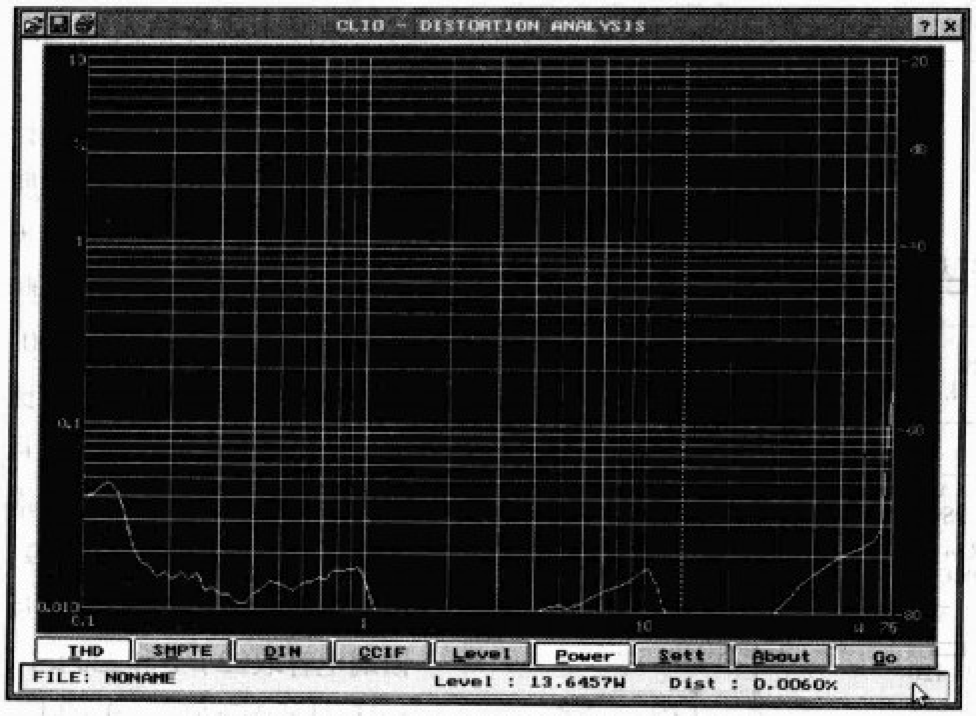


图5 二次、三次谐波的频率特性（8 Ω负载）

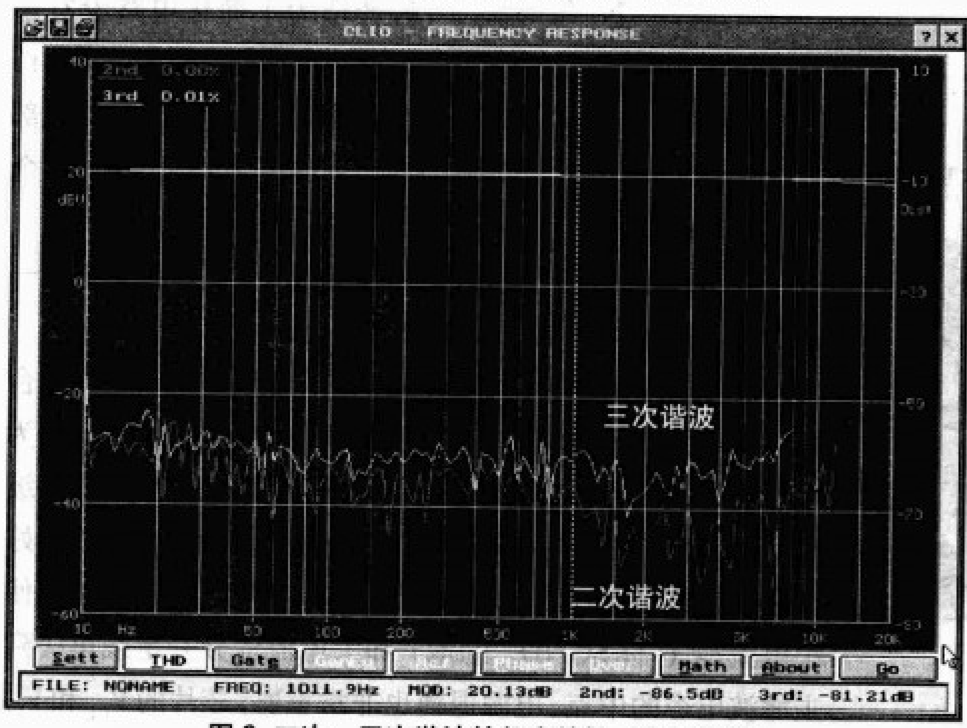


图6 二次、三次谐波的频率特性（4 Ω负载）

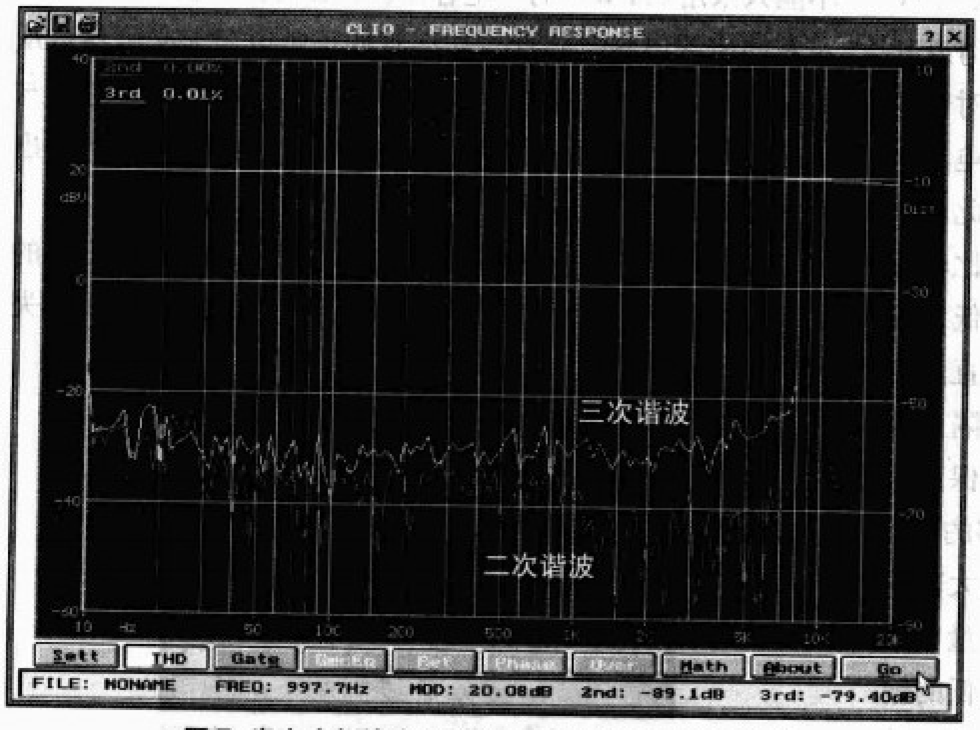


图7 失真度与输出功率的关系（1kHz、4 Ω负载）

真测量下限是0.01%，对0.01%以下的失真绝对值测试不是很准确的，但仍然能说明一些问题），在输出10Vrms时，8 Ω负载下最理想，测试波形如图5所示。二次、三次谐波失真都在测试极限以下，根据以往的测试比较经验，实际值应该在0.006%左右，而且1kHz以上失真还有减少的趋势，场效应管小电流状态高频开关失真的确比双极型管的小。

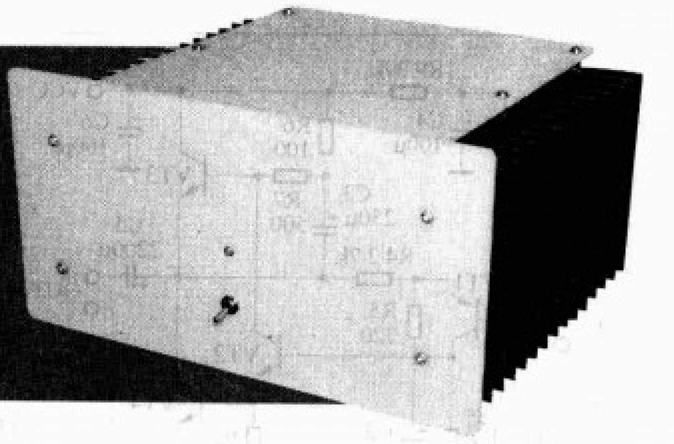
4 Ω负载时高频失真有所上升，测试波形如图6所示。双极型管负担4 Ω通常不会增加失真。这说明大输出电流情况的场效应管线性度差了点。分别测试了100mA、150mA、200mA、300mA几个静态电流点，失真度变化不大，150 mA时略为好点。再看4 Ω负载、1kHz频率时失真度随输出功率的变化，测试波形如图7所示。0.1～60W 输出基本上都在测量的下限以下(有几个峰值是因为信号源本身存在一定失真的原因)，实际读数在0.006%左右。

由上测试看出，LME49830推动末级场效应功率管并接上负载后，整个功放有着比较出色的性能指标。实听感受是高频音色传真度很高，泛音幼细，乐器弹奏的尾音表现令人兴奋。另外，听音中没有晶体管机生硬的感觉，而是类似于胆机那种和谐的感受。国半新推出这一系列的推动芯片都具有这一特征，这是个非常重要的进步。胆机使用稍有不便，主要是功耗大和寿命问题，许多发烧友为追求晶体管达到胆机的音色上付出了极大的精力，却没有什么收获，但有了这一系列芯片后这将变得可能。

不足之处，在应用LME 49830时感觉其声音虽然比较精细，但动态稍有压缩感，不及分立元件。用LME49810时也有此感觉，而国半另一芯片LM4702则感觉好些。另外按照手册上的元件取值，感觉高频有点偏强，在高频能量的把握上与顶级的器材还是有差距。不过这个可以通过调节补偿电容C9、高频旁路电容C8的数值获得改善。有了好的基础声底后，这些校声技巧正是广大音响爱好者大显身手的地方！

灵感之作

——我的袖珍甲类功放



文/何志勤

我们经常见到的甲类功放大多是体态笨重的庞然大物，那硕大的体积往往会让我们使用起来不太方便。前段时间在网上淘到一套“小甲”的PCB板，琢磨着要把它做成一部体积小巧、方便使用的桌面功放，这样既可以方便地用来与电脑连接，提升电脑的放音质量，又可以用来与DVD等组成简易、高质素的影视系统。朋友送的一副小型散热器触发了我的制作灵感，使这个想法很快成为了现实。完成后的这部功放输出功率为10W，体积只有220mm × 180mm × 100mm，以甲类功放而言完全可以用袖珍来形容。

一、机箱制作

机箱的制作是打造小甲很重要的一环。机箱的取材以方便为原则，采取废物利用的办法，选用了随手可得的废旧ATX电源壳来做骨架，做出来的机箱坚固、扎实、耐用（图1）。布局安排：以电源壳为中心，将电源组件安装在电源壳里面，散热器固定在两侧（图2），滤波组件安排在电源壳外前面，电路板安装在顶部，输出输入端子固定在原来散热风扇的位置，这样既便于安装又方便调试。功率管选择在散热器两边合适的位置上安装，为了使功率管能够直接安装在散热器上（图3），需要在电源壳的两边各开一个小窗口。开窗口并不难，在确定的位置上按稍大于管子的面积画出窗口的范围，然后用钻沿着划线打孔，窗口开出来后再用锉刀进行修整就可以了。本机的面板和顶板采用装饰用的胶板制作，有条件的朋友可以选用铝合金板来做，这样效果美观，显出档次。经过长期使用之后的ATX电源外壳或多或少都有锈蚀，出于美观考虑，用砂纸将电源壳稍作打磨后用手喷漆喷上几遍，机壳马上变得亮丽如新。

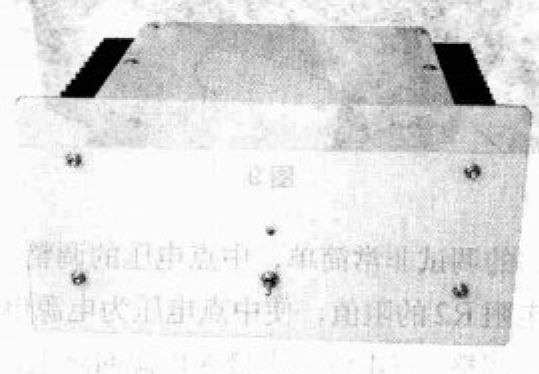


图1

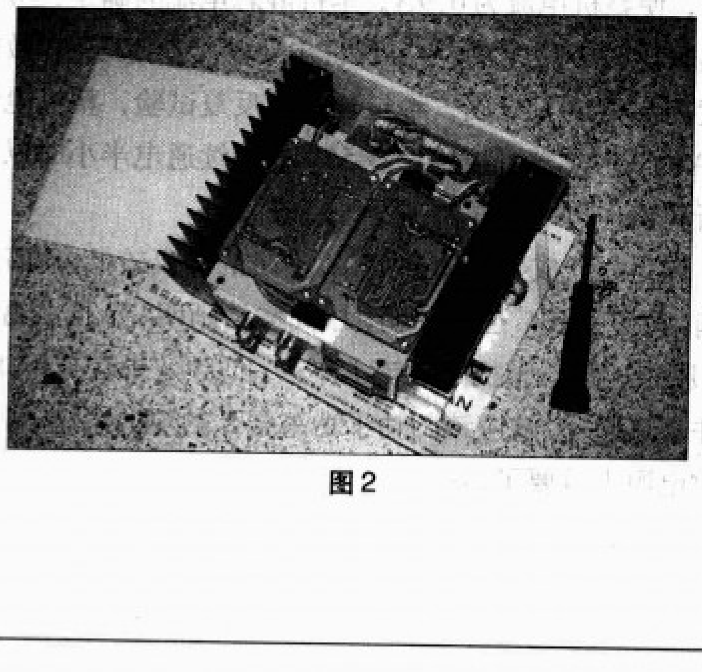


图2

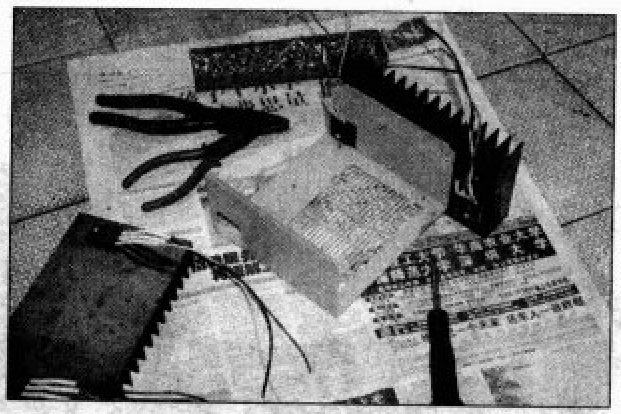


图3

二、元件选择

本机采用的电路设计具有电路简洁、失真度低、性能稳定等特点，适合业余条件下制作。电路的工作原理（图4）：VT1组成电路的输入级，其输出的信号经过VT2放大及C、E极倒相，向VT3、VT4组成的推挽输出级提供两个大小相等、相位相反的信号，VT3、VT4工作在甲类状态下，使电路可以得到较低的失真度。甲类电路对元器件的要求比较高，安装前必须进行严格挑选。晶体管选用了市场上容易买到的型号：VT1选用2SA1015；VT2选用2SD669；VT3、VT4选用2SC5200。为了使放大器的失真更小，所有管子都进行了配对处理，功率管在1A电流下配对误差控制在5%以内。本机使用AC28V供电，整流后电压约为38V，所有电容耐压要求有一定的余量。由于受安装空间的限制，电容的体积也要符合安装要求。电阻选用1/2W误差较小的金属膜电阻。介于电路对电源的要求比较高，本机使用了功率

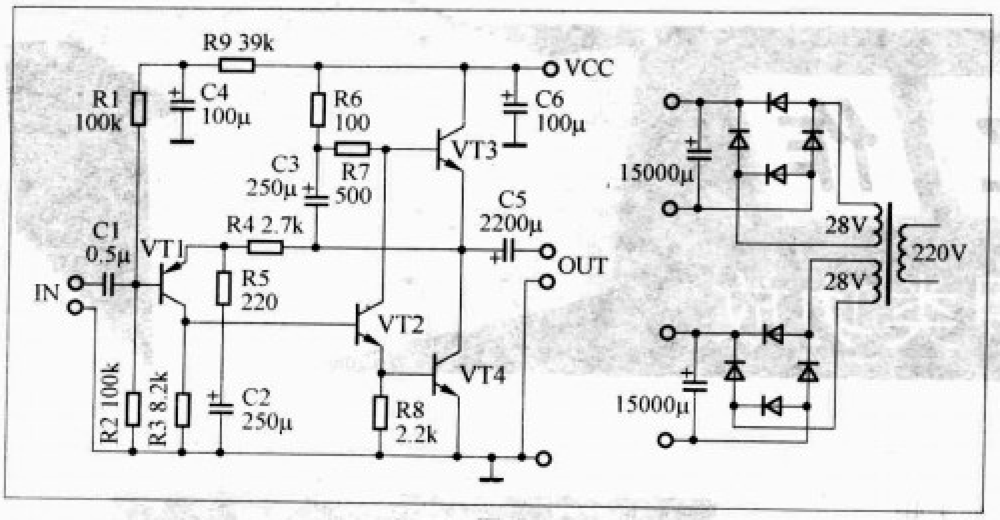


图 4

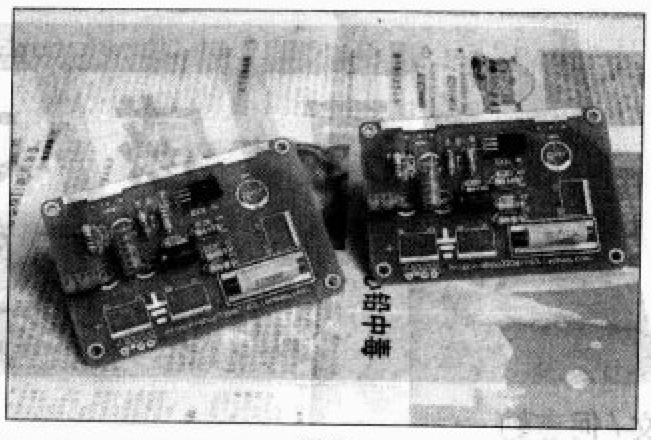


图 7

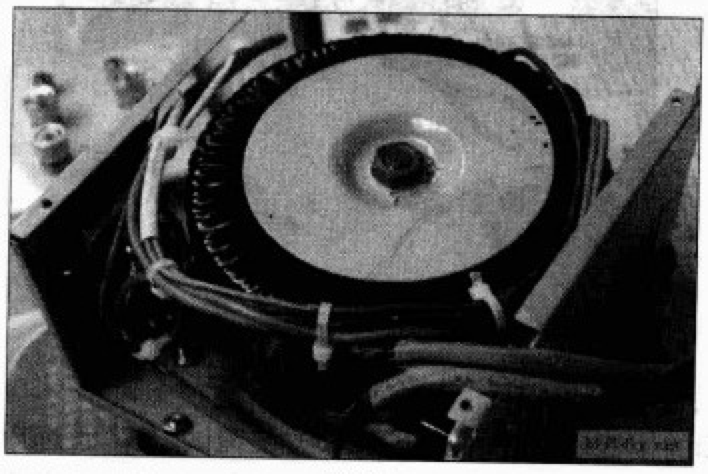


图 5

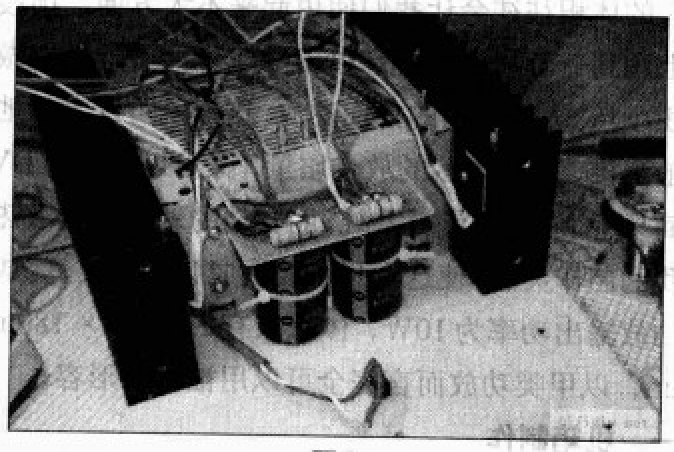


图 8

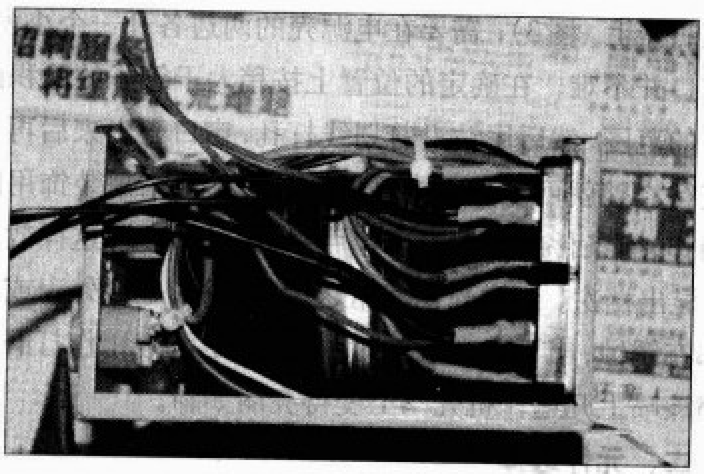


图 6

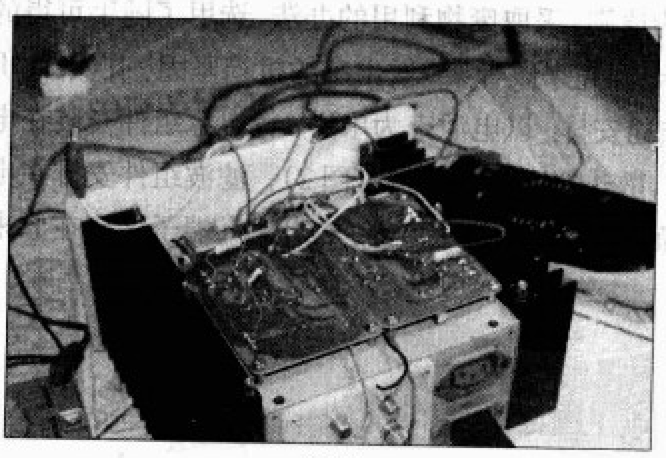


图 9

为 360W、输出 28V+28V 的电源变压器（图 5、图 6），每声道各用一个 50A 整流桥、15000 μF 电容滤波独立供电，确保电路充沛的电源供应。

三、安装调试

安装前先用万用表对所有元器件逐一进行检查，再对照电路图将元器件焊接好。由于本机结构比较紧密，所有元器件均以卧式进行安装（图 7）。为方便调试，PCB 板采取元件朝下底朝上的办法来固定，输出电容由于体积较大需要用延长线固定在PCB 板之外（图 8、图 9）。由于机箱温度较高，固定时要进行隔热处理。上电调试前要对电路进行仔细的检查，先断开电源与电路板的连线，通电检测电源电路是否正常，然后关闭电源，用电阻对滤波电容做放电处理，接着就可以上电对电路进行调整了。

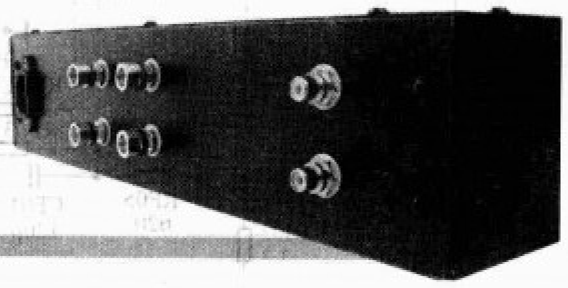
本电路的调试非常简单，中点电压的调整：调整 VT1 基极对地电阻 R2 的阻值，使中点电压为电源电压的一半。静态电流的调整：将电流表串接在电源回路上，调整 R7 的阻值，使整机电流为 0.9A。本机静态电流的确定，考虑了散热器比较小的因素，为了保证电路安全稳定工作，散热器温度控制在 60℃以内。经过长时间反复试验，整机电流为 0.9A 时，散热器温度稳定在 55℃。连续通电半小时以上再重新调整一次，这样调试即告完成。

作为一款成熟的功放电路，本机的失真较低，声音总体均衡、顺滑流畅、层次分明，中高频清晰明亮，低频富有弹性。原来还担心整机的电流上不去，低频效果会打折扣。实际并不是这样，这应该归功于功率强劲的电源系统，做甲类功放电源太重要了。

写在前面的话：

和很多电子爱好者一样，我更注重DIY的过程和经历，哪怕只是拧一颗螺钉，只要我们善于发现，也能体会出很多不为人知的奥秘。做自己喜欢的事情，或许会过得辛苦，但却能活得精彩！因为我们每天都在进步！

6N2+LM3886
合并式音频功放的制作



文/杨盛东

制作一台功率适中、低成本、高音质的功放是我多年的愿望，在这个愿望的驱动下，一台由6N2和LM3886组成的胆前石后双声道合并式音频功率放大器诞生了，这是全部手工制作的，下面讲讲它的制作过程，希望和广大DIY烧友共同交流。

一、电子部分的制作

1. 系统框架及电路选择

整机采用模块化设计，共分：供电模块、6N2前级放大模块、LM3886后级放大模块等三部分；系统供电共用了3个工频变压器，前后级分开供电，其中6N2部分使用220V和7V两个变压器分别供给阳极电压和灯丝电压；LM3886部分使用一个双24V环形变压器，系统整体框图如图1所示。

本功放电路选用了简洁而成熟的电路图，秉承了简单好声的设计理念，前后级电路分别如图2、3所示。前级中的6N2是双三极电子管，采用它正是为了利用电子管特有的音色温暖、柔和的性质，这可带来IC前级和分立晶体管前级所没有的听感。后级中的LM3886是美国国家半导体公司研发制造的单声道音频功放IC，它能达到68W的额定输出功率、自带齐全的保护功能、所需外围元件少，利用它能很容易地制作出高性能的中功率音频放大器。只要将元器件各自的性能发挥得恰到好处，就能使整个放大器发出好声。

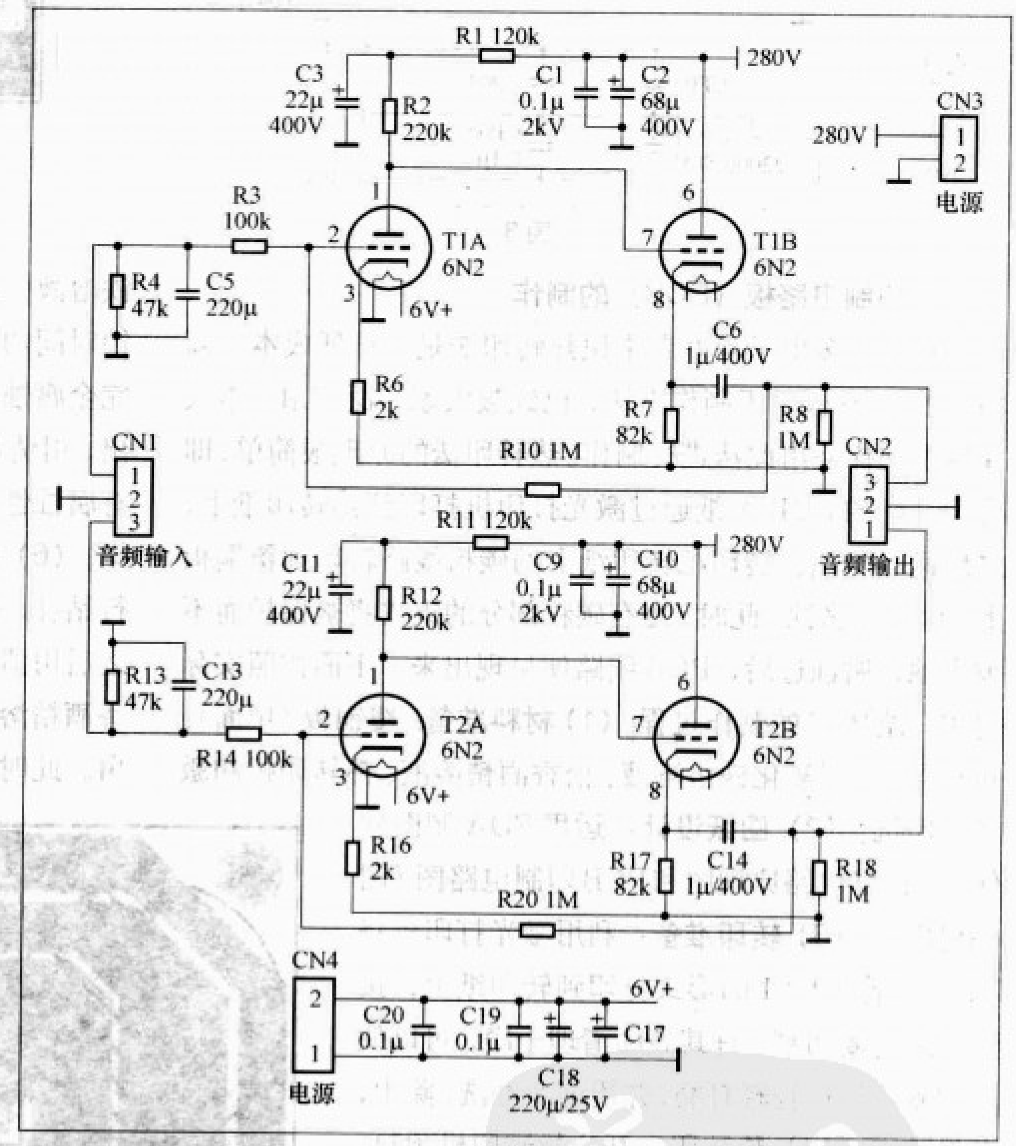


图2

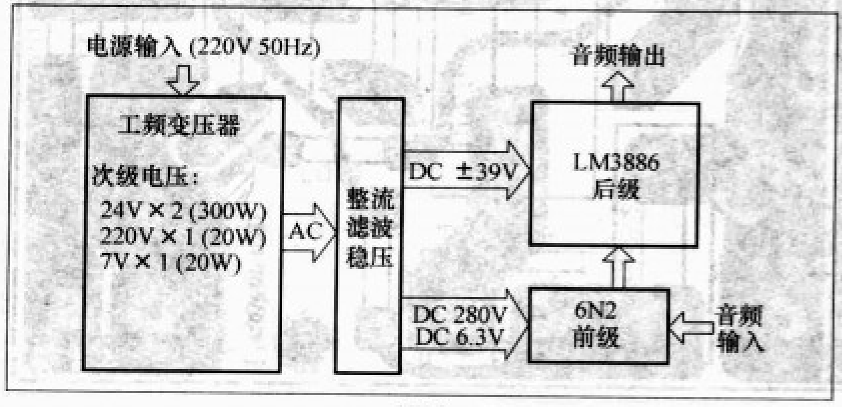


图1

供电部分采用桥式整流方式，其中LM3886所需要电流较大，所以只使用了电容滤波，而6N2部分则使用了CLC及CRC形式的滤波电路，以减小电源纹波干扰，整个电源板用万能板搭制。由于电路的普遍性，在此不对其具体的工作原理进行阐述。

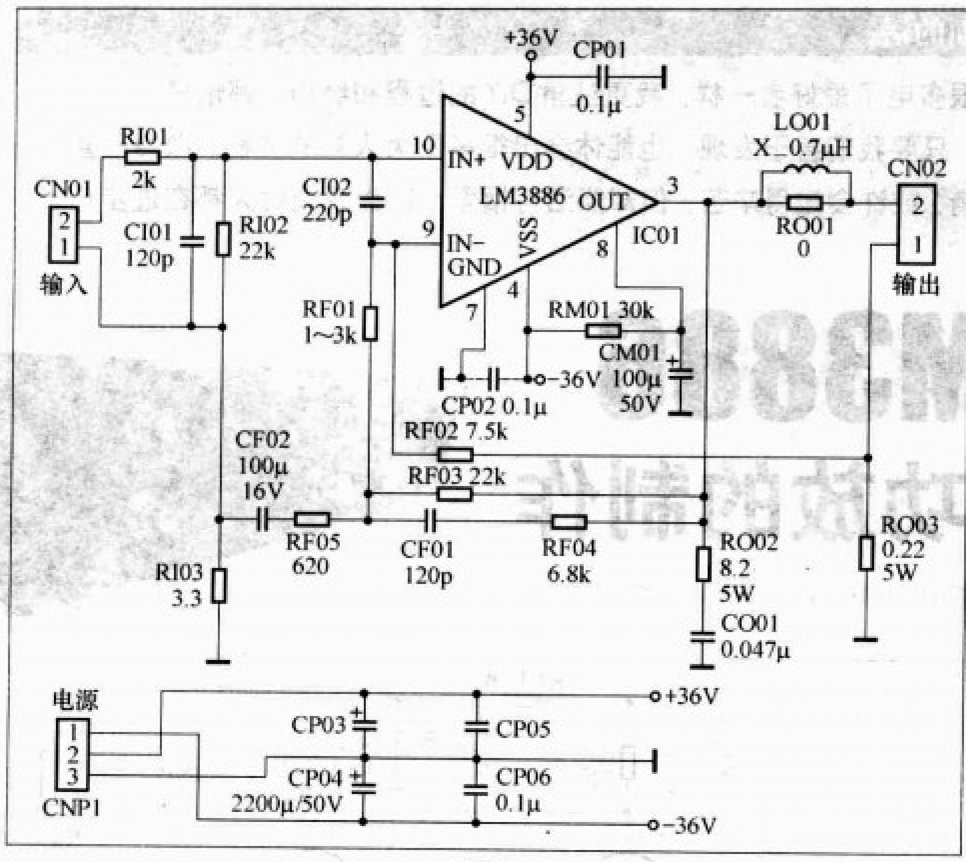


图3

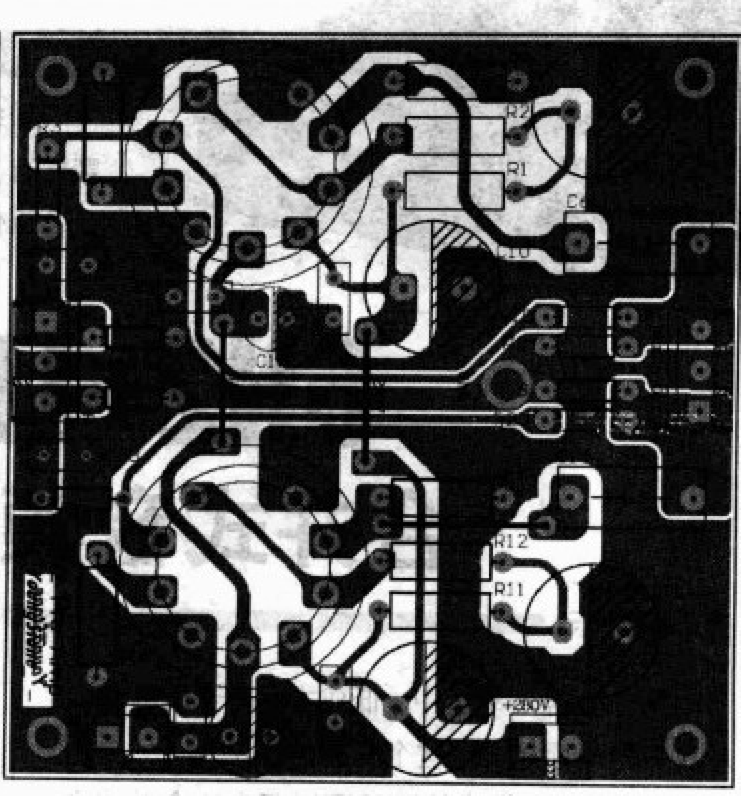


图4

2. 印制电路板（PCB）的制作

对于很多电子爱好者来说热转印法是一种低成本、高精度的PCB板手工制作方法，已经被大家广泛应用，本人在这里同样使用此法进行制作。热转印法的原理很简单，即将设计好的PCB图纸通过激光打印机打印到热转印纸上，之后通过加热、转印把转印纸上的碳粉线路转印到覆铜板上，再进行腐蚀，此时，覆有碳粉部分的铜皮将被保护而不被腐蚀，腐蚀过后，PCB线路便呈现出来。下面按照实际制作介绍PCB的制作过程：（1）**材料准备**：覆铜板（单面）、热转印纸、三氯化铁水溶液、松香酒精溶液、热转印机和激光打印机。（2）**图纸设计**：运用EDA制图软件，设计好电路原理图和PCB印制电路图（图4和图5）。（3）**转印准备**：利用激光打印机将PCB图纸以1：1的形式打印到转印纸上；按照实际需要切割，将其表面清理干净，可以使用细砂纸进行轻轻打磨，并用清水冲洗，除尘，自然晾干。（4）**热转印**：开启热转印机预热，将打印好的转印图平整覆盖在处理后的覆铜板上，并保证碳粉面和覆铜板的铜箔面的充分接触，可用双面胶在边缘空白部分加以固定，以确保转印时不移位。待转印机温度达到150℃左右，此时将PCB送入热转印机进行转印，可重复多次，以确保转印充分完全。转印完成后，等其自然冷却再将转印纸除去。此时转印完成，如有碳粉脱落，可用油性笔进行填补。（5）**腐蚀**：将转印好的PCB放入合适浓度的三氯化铁溶液中，由于腐蚀速度受溶液的温度和浓度影响，所以腐蚀时间的长短没有严格的规定，只需要等到多余的铜箔被完全腐蚀好即可。当以上的步骤都完成之后，将PCB板取出，用清水冲洗干净，如图6所示。因为三氯化铁水溶液具有腐蚀性，所以请注意剩余溶液的处理，防止造成环境污染。（6）**钻孔、切割、表面处理**：利用合适大小的钻头进行钻孔，并用细砂纸对表面及边角进行打磨，再除去碳粉，之后用清水冲洗，最后利用棉刷在PCB铜箔面均匀涂抹松香酒精溶液。这主要是为了防止氧化，同时又具有助焊作用。此时，PCB板已经制作完成（图7）。

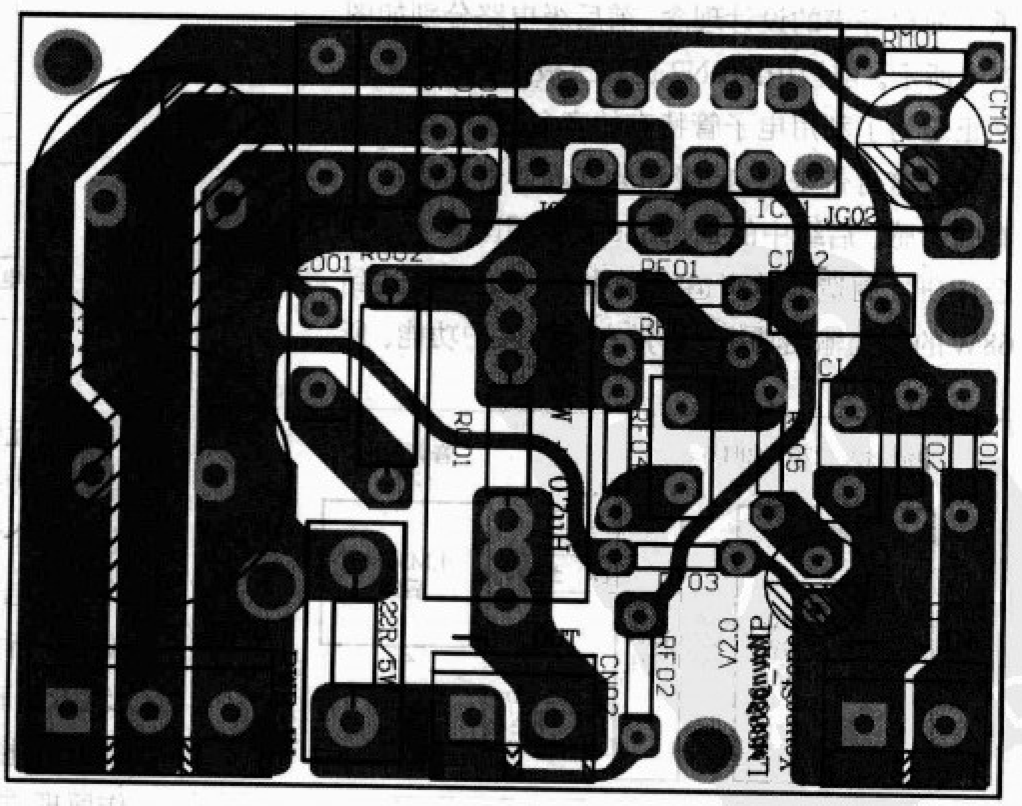


图5

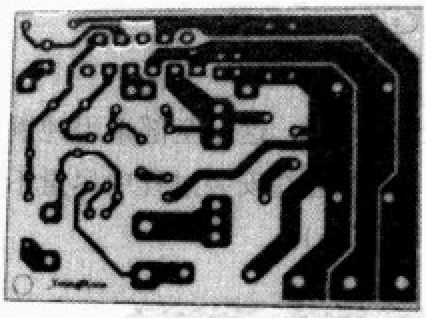


图6

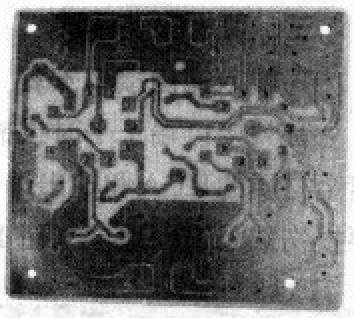


图7

3. 元器件选择和焊接

处于成本以及物料来源等原因，本制作并没有使用高档的发烧元器件，当然也并不表示使用的元件有多差，主要是在成本和性能之间选择一个平衡点。在这里6N2选用了北京产的J级管，LM3886采用TF规格，它可直接与散热器连接。小功率的电阻均使用1/4W功率1%精度的金属膜电阻，另外前级部分使用了2W的高品质碳膜电阻。滤波电解电容均为高频低阻电容，并对各关键器件精心挑选配对。在焊接过程中，可按照体积由小到大的顺序进行安装焊接，并确保平整、美观（图8）。

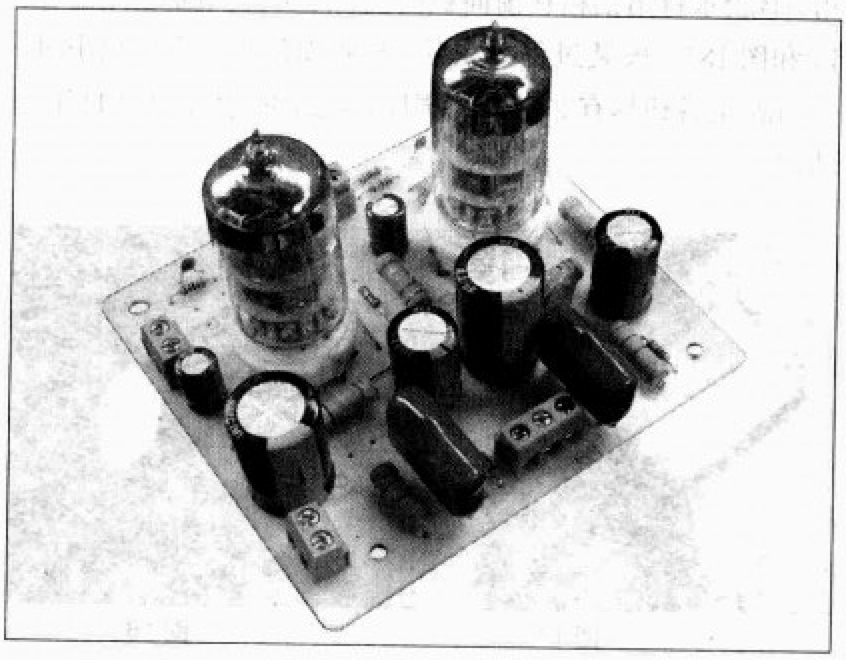


图8

二、结构制作

机箱结构采用全手工制作，使用的是普通易得的铝合金方通和角铝材料，只需要对其进行较简单地加工，就可以制作成强度高、外观好的机箱。制作原理：将铝合金方通切割成“[”形，作为四面侧板，外加上下钢板，各部件利用角铝固定后就完成了机箱胚体制作，之后再喷漆等装饰，整个机箱便制作完成。

1. 五金结构件制作

（1）**材料规格选择**：根据机箱的高度选择铝合金方通的截面长宽尺寸，这里采用30mm × 80mm的方通，即机箱的内高度为80mm，上下钢板可在金属加工店切割合适大小的方形铁板或铝板即可。（2）**侧面板下料**：按照箱体的长宽尺寸裁切方通，先切割出合适长度，再从其中间切开，形成两个“[”形板；再将两端的连接处进行45°倒角处理；之后利用锉刀，将边脚各处打磨平整（图9）。（3）**开孔**：侧面板首先设计好整机电位器旋钮和各输入输出端子位置，先用铅笔画线定位，再选择合适大小的钻头开空，对于不规格的非圆形孔，可先用电钻开出轮廓，之后用锉刀打磨。底板上由于需要固定各个模块，所以需要开比较多的定位孔，以及散热孔，方法和开侧面板一样（图10）。（4）**固定连接件制作**：使用20mm × 40mm的角铝，裁切出所需要的长度，并按照相应尺寸开孔（图11），并可试装，检查是否连接准确牢固。（5）**打磨、装饰**：因为表面不够美观，以及加工过程中会对表面造成损伤，所以需要对各面板进行打磨和喷漆处理。首先用砂纸进行打磨，再清洗和除粉尘。由于使用量小，为了方便快捷，我们可以选用自喷漆进行装饰，颜色可以按照自己的喜好进行选择，这里使用了黑色亚光自喷漆。在使用过程中，会有比较强烈的异味，所以应在通风环境下进行，也可以佩带手套，口罩等。喷漆完成后，让各部分自然通风晾干，有条件的情况下可以进行适当的烘

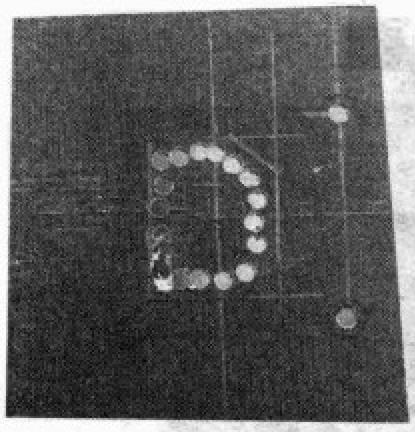


图9

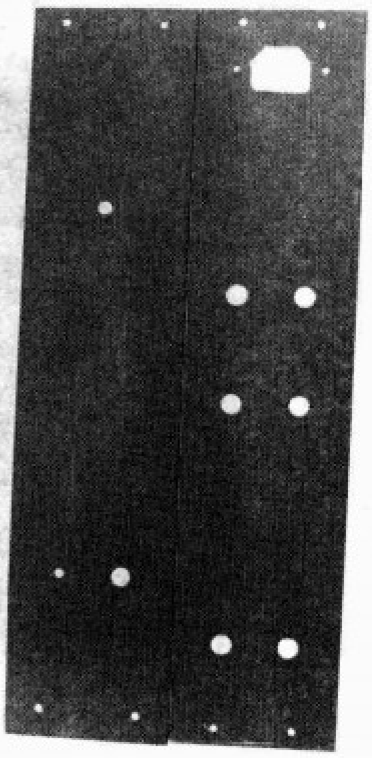


图10

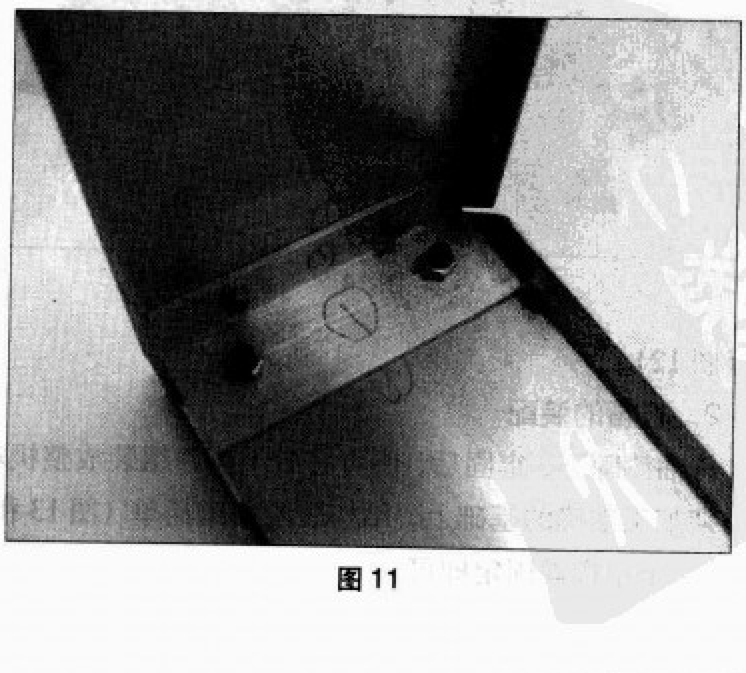


图11

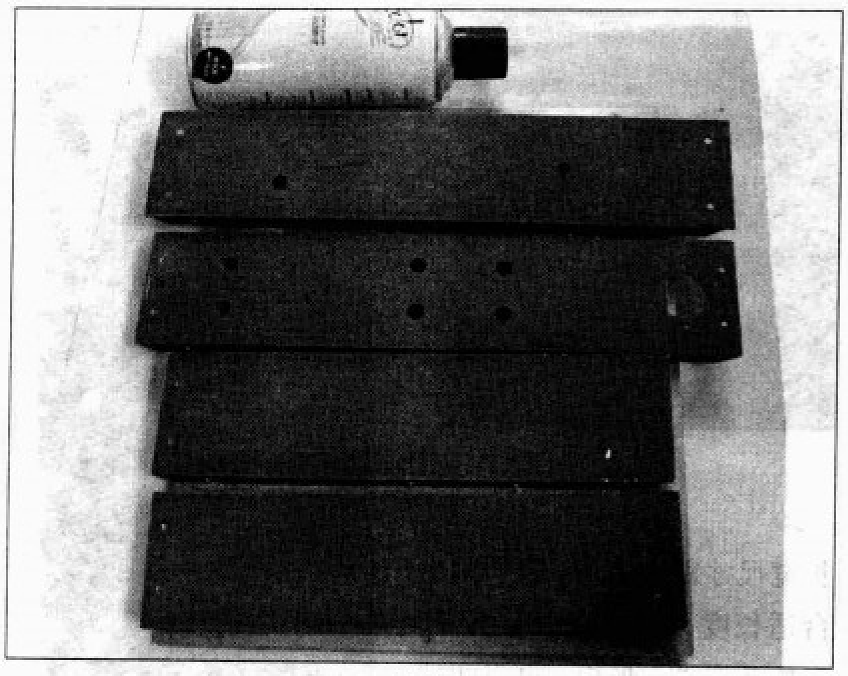


图 12

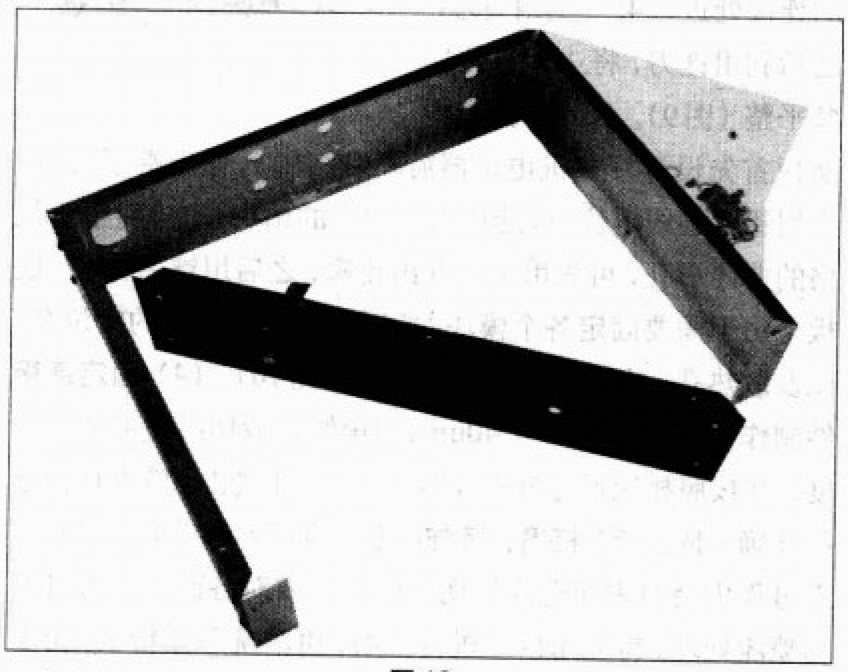


图 13

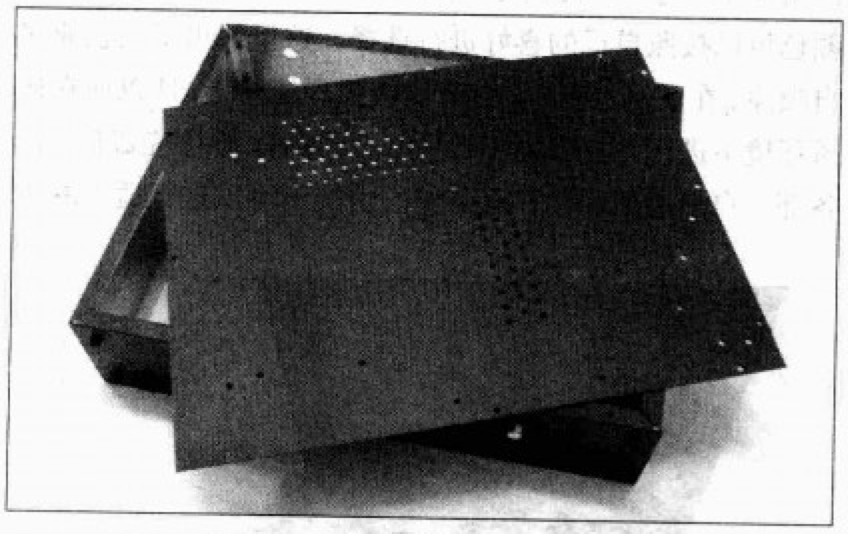


图 14

烤（图 12）。

2．机箱的装配

待油漆晾干，牢固后，便可将各结构件组装成整机箱，在前期加工准确的基础上，结构装配非常简单（图 13 和图 14），逐个用螺丝固定即可。

三、整机安装调试

1. 输入输出接口安装

音频接口端子平时拔插比较频繁，这里全部采用纯铜镀金材质的RCA和输出端子，并注意在安装过程中尽量不要损伤端子表面镀层（图 15 和图 16）。

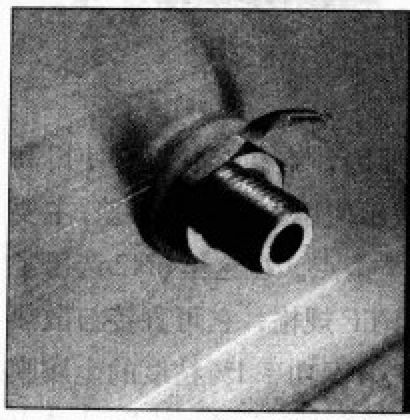


图 15

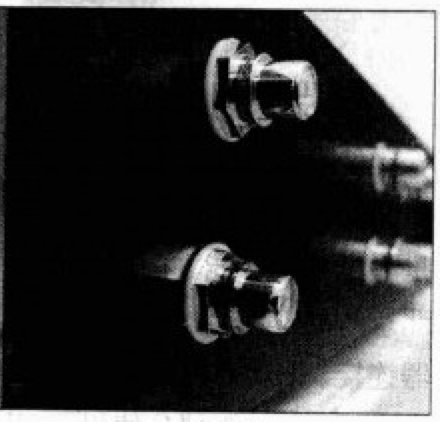


图 16

2．电源开关及电位器安装

为了不影响美观，电源开关使用内藏式的安装方法，使用 AB 胶水将角铝粘在前面板内侧，再将开关固定其上（图 17 和图 18），安装过程中注意 AB 胶固化时间需要数小时，而当固化后却具有非常高的强度，完全能承受频繁的开关动作。

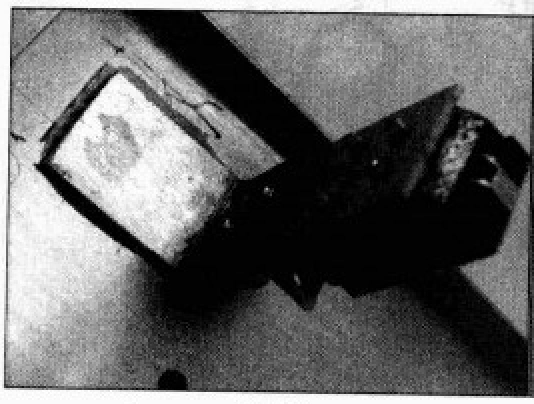


图 17

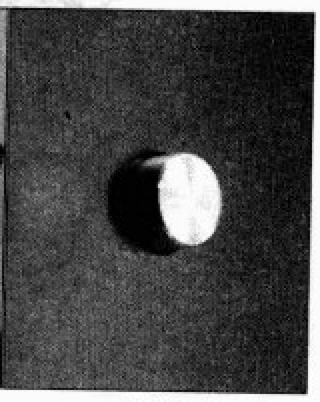


图 18

3．电路板安装

（1）**电路板的固定用铜柱支撑**：由于 6N2 前级部分具有280V高压，所以至少选择6mm高的铜柱以确保安全；先将所有的铜柱固定于机箱底板上，并尽量拧紧。（2）**输入、输出端子的接线**：机内音频输入使用双芯带屏蔽音频线，并且输入端接地。输出线采用高质音箱线（图19和图20）。（3）**模块安装、调试**：先安装变压器和电源板，并测试各点输出电压是否正常，检查无误后，便可安装6N2和LM3886放大模块；装好后，建议对前后级分别单独上电，用电压表对各点电位测试，确认正常后再前后级联调；待整机安装测试完成，便可接音源和音箱试听；调试过程中应该保证每一步的拆装都必须在断电的情况下进行；由于整机采用的电路

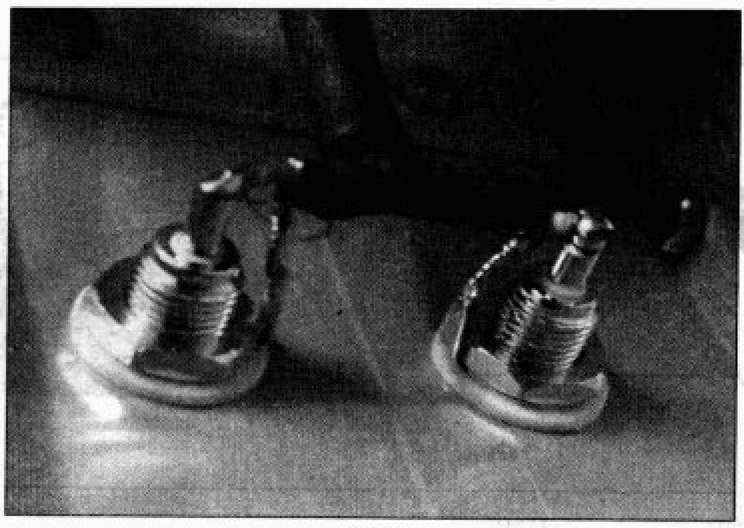


图19

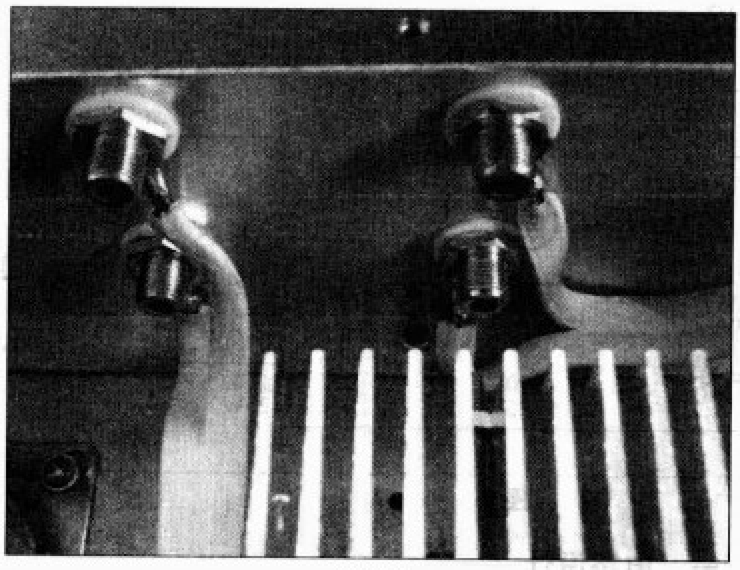


图20

比较成熟，所以只需简单调试就能正常工作（图21），另可对各级的音频耦合电容进行更换，以得到自己喜欢的音色。

调试完成后，整机也就基本制作完成，此时关闭电源，对机内各部分走线进行整理，并安装上盖。

四、整机图片欣赏

正面结构简单，只有一个电源开关并配以黄颜色电源指示灯外加一个音量控制旋钮，衬以黑色亚光面板，给人以简单、稳重、大气的感觉。后面板具有一个电源输入端口，一组RCA输出+一组音频输出接线柱。底部安装4个10mm脚垫用于支撑整个机箱，美观的同时又利于散热。

五、试听、总结

试听配套器材：

音源：健伍DP-7010 台式CD机

音箱：自制VIFA+银笛 二分频书架箱

初听时，并没有让人为之一震，而是给人以一种平淡、实在，或许这就是音乐最真实的声音。长时间地细听，整体比较平衡，既有胆机的柔和，又不乏石机的速度，只是中频略显单薄。可能是CD机中采用PCM63解码的原因，高频细腻而不过亮，低频有力，泛音恰到好处，虽不像商业机那样以震撼的低频来讨人喜欢，但却能让人听而不累。我想，

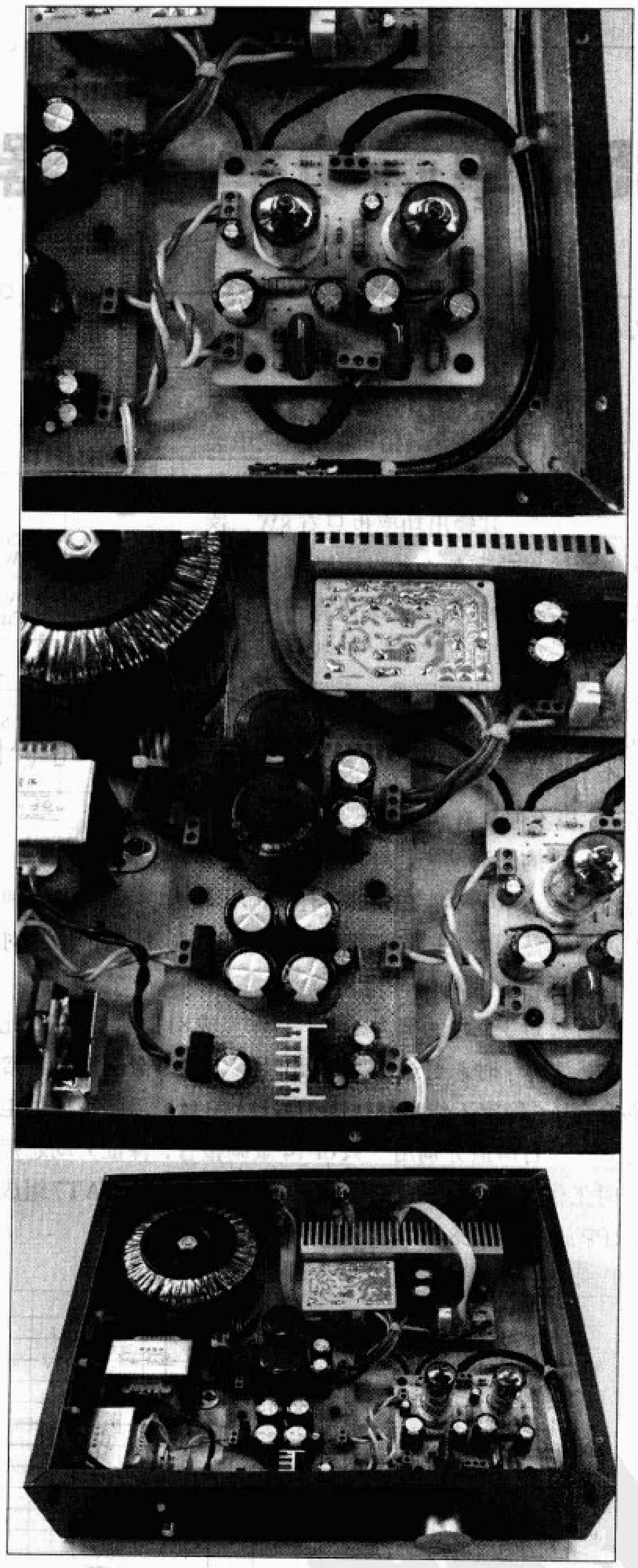
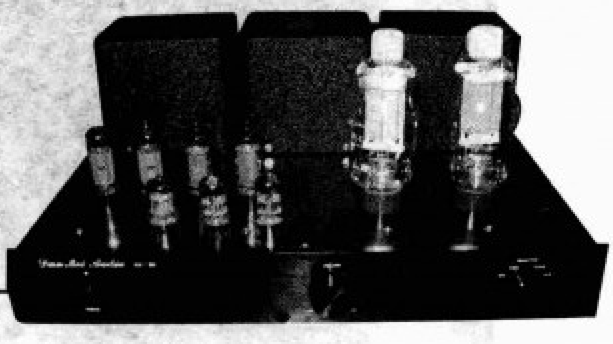


图21

这也正是本机制作的出发点，一款用于听音乐的双声道放大器。

总之，整个制作成功地达到了自己的期望，整机的表现水平让人满意，平淡真实的声音，值得我们去细细品味。

15W 单端功率放大器的设计



文 / 骆才学

本人比较喜欢胆机的优美声音，但用音响专用的电子管（俗称胆）组成甲类后，输出功率都偏小，包括被誉为“白马王子300B”，其输出功率也只有8W，这么小的输出功率怎么能够驱动好灵敏度较低的音箱呢！解决方案只有一个，找一对灵敏度较高的音箱，但找一对灵敏度较高的音箱比较困难，而且价格也是我等工薪阶层难以承受的，所以本人就制作了这款输出功率较大的811单端胆机。此机不但具有胆机的音质圆滑，而且兼备石机的澎湃动态。811为发射管，其屏极功耗达40W，能在较低屏压下输出较大功率。811目前的产量仍然很大，主要是用于医疗设备当中，所以价格相对便宜，适合业余制作。

经过近3个月的努力，终于制作完成811单端胆机，此机输入$1V_{p-p}$时，可达15W输出功率，整机全部采用直接耦合，为了稳定工作点和提高信噪比，前级采用胆稳压供电方式，左右声道分别用一只6P14做调整管，保证大动态范围时工作点的稳定。前级采用低内阻双三极管12AT7组成SRPP放大， EL84组成阴极输出器直推811。

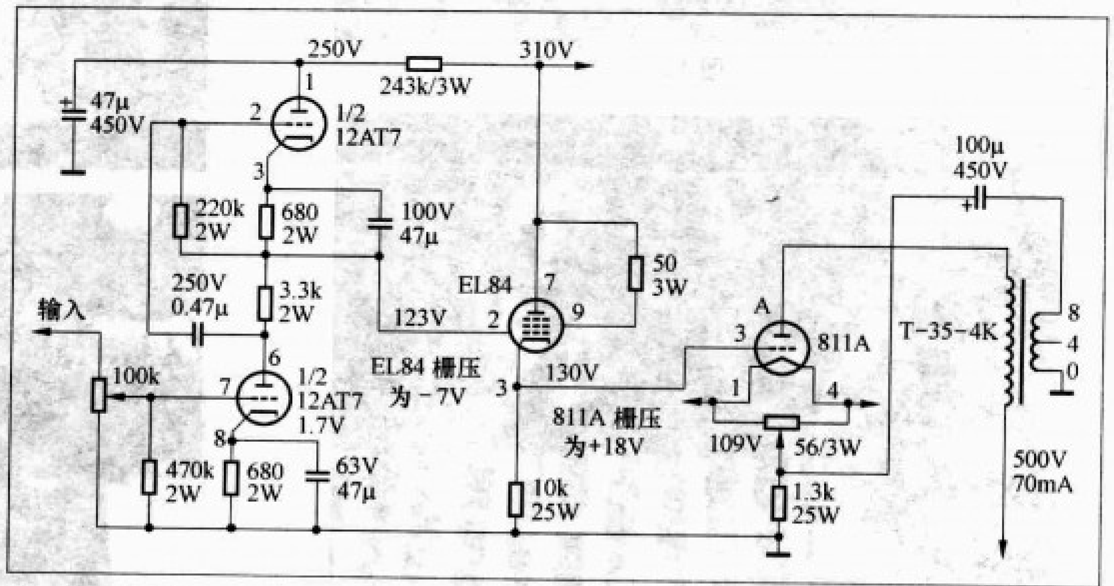


图2

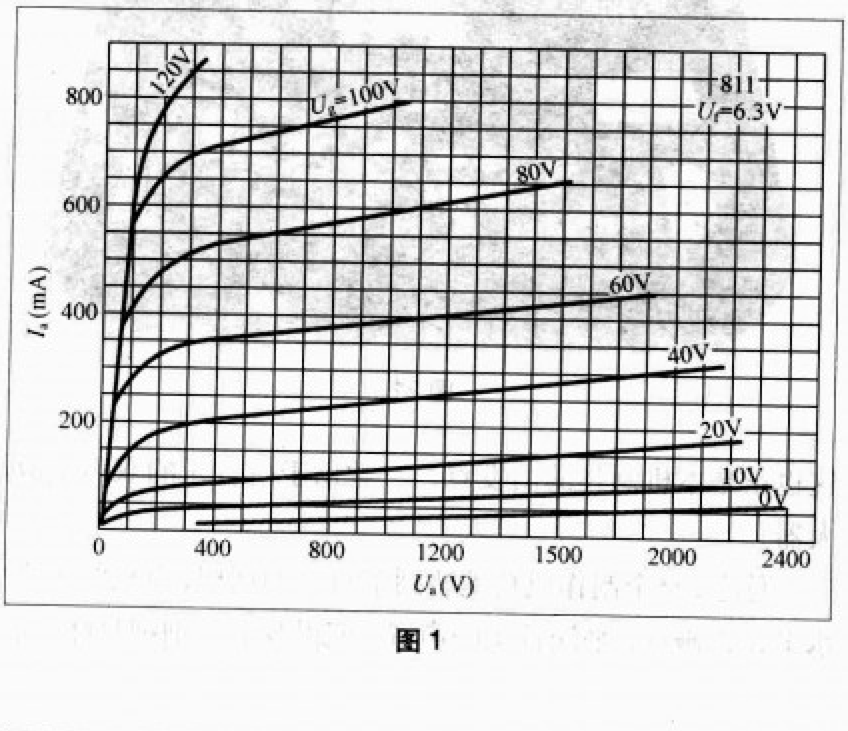


图1

一、电路设计

设计电路首先要了解所使用每只电子管的$U_g(U_a-I_a)$特性曲线（图1），分析最佳的工作电压和电流。前面已经提到811的U_a为400V时，最佳负载阻值为4kΩ，为了满足三级的直耦，必须将811的阴极电压抬高，所以电源电压就得在500V左右。根据$U_g(U_a-I_a)$特性曲线811为右特性管，栅极需要一定的驱动功率，采用EL84组成阴极输出器直推811恰好可以满足要求（EL84静态参数：U_a=500V，U_g2=300V，U_g1=7.5V，I_a=50mA，P_a=12W）。当811输出15W功率时，栅极驱动电压为20Vrms，EL84组成阴极输出器后增益≤1，所以20Vrms电压需要前级放大提供，按现在的音源（DVD、CD等），只要μ超过20的低内阻三极管，一级放大即可满足，为避免大环路负反馈，前级由12AT7担任改进型SRPP放大电路。这样前级和驱动电路即使不采用任何负反馈也可以得到很小的失真电压。所以能够满足要求。此功放电路如图2所示，与之相配的电源电路如图3所示。

二、元件的选择

以上大部分都是在讲计算，那么一台音色优美的胆机，仅靠合理的电路还不够。许多人在仿制有名的电路，但是否能够出好声，那就不一定了，越是有名的电路，对制作者的要求越高，音色的好坏不仅与电路有关，而且和元件的选择

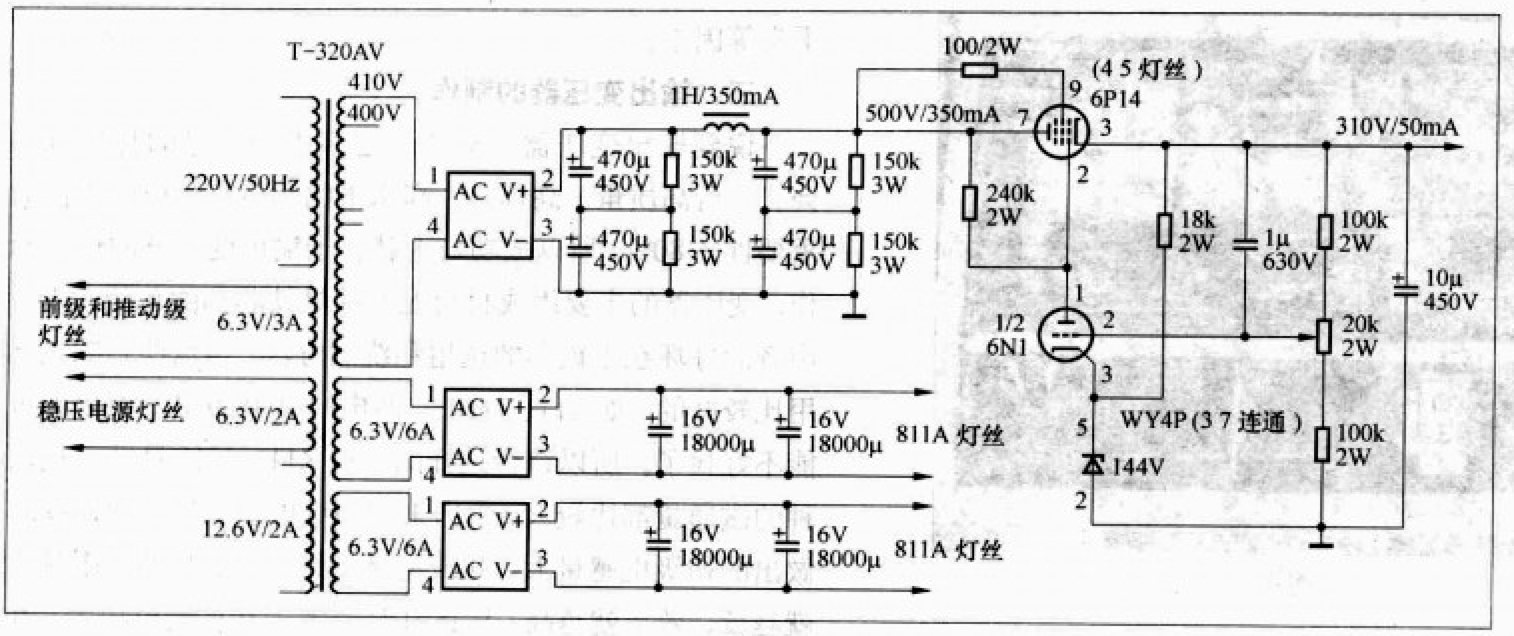


图3

及整机布局密切相关。

1. 电阻的选择

(1) 电阻的种类很多，一般涉及到金属膜电阻、碳膜电阻、线绕电阻，选择时应首先考虑金属膜电阻。任何材料的电阻率都会随温度的变化而变化，金属膜电阻具有较小的正温度系数，用在发热量较高的胆机中有很好的稳定性，降低噪声的产生。

(2) 胆机如果是高供电电压，在体积不限制的情况下，应尽量选择功率大的电阻。大多数人以为，电阻似乎没有耐压的指标，的确根据欧姆定律可以得到，通过电阻的电流正比于两端的电压，而设定了电阻的功率也就限定了通过电阻的电流和两端电压。而一只1/4W的金属膜电阻，两端的最高工作电压小于150V，实际使用时我们可能会超出它耐压范围，特别是811供电电压达500V，所以更应该选择功率较大的电阻，以防止电阻跳火、放电，同时还可以有效地降低噪声。常听有人说，我的胆机在播放音乐时，音箱偶尔会发出“啪啪”和“噗噗”声”，那可能就是电阻放电的现象。另外，胆机机壳内的温度远高于环境温度，增大电阻的额定功率也可使其在高温下更可靠地工作。

总结以上两点，811和EL84的阴极电阻选用金封无感电阻，其他均选用3W金属膜电阻，单只功耗较大时，选用两只串连工作。出于好奇，在本次制作中，我做了一次对比实验，把811和EL84的阴极电阻换为线绕电阻，其他的电阻换为普通碳膜电阻。用示波器观察其波形，发现波形大致和换电阻前没有什么区别，但基波上却带载了大量的复杂毛刺波，虽然这些毛刺波形的频率，大多数都是在音频范围之外，但从听感上讲高音没有先前那么通透，整体上感觉少了些什么东西，贴近高音扬声器，觉得噪声比先前大了许多。

2. 电容的选择

电容和电阻一样，种类也非常繁多。大多数电容很难从外观分辨它是哪些材料组成的（电解电容除外），更有些不良商家将两个电解电容封装成一只无极性电容，再印上好点的牌子，赚取黑心钱。我的经验是：(1) 购买电容时应选择知名品牌的电容，千万别在商家的诱导下购买你不了解的电容；(2)应选择你长期供货的供应商，如果出现问题后也有较好的保证；(3) 购买电容时应叫商家拿出它的原包装袋，这样你可以从原包装袋上分辨它是否为原装电容，如果拿不出原包装袋的最好别购买；(4) 如果你有电容表，购买电容时应带上，原装电容的实际容量一般都大于它的标称值；你也可以叫商家多拿几只电容给你测试，一般较好的原装电容，在同一批次下，他的误差都非常小。在购买时如符合以上几点，我想你可以放心购买了。

811所使用的供电电压高达500V，而市场上所供应的电解电容耐压大多都在450V，无论选用何种电容，都不得使电容的耐压低于线路中的实际电压，所以主滤波电容应选用两只串联接入电路中。由于电解电容的本身漏电流较大，每个电容的两极必须采用不太大的均压电阻。本次使用的主滤波电容为黑金刚电容，电路虽然为三级直耦结构，但SRPP为改进型电路，需要一只耦合电容，此电容我选择了RIFA电容，阴极旁路电容我选择了纯银脚胆电解电容。

3. 焊接和安装

电子管放大器中最好采用搭棚焊接方式进行装配，一般焊接方式有两种：一是把所有元件都焊接到接线架上，然后连接到各个管座上，但这种焊接方式，相邻元件极易产生寄生耦合，必须周密布局，而且接线架引出的线往往采用捆扎方式，也要考虑线与线的相互感应，必须分类捆扎，特别不能和灯丝线捆扎在一起。另一种方式是把小型接线架按搭焊的需要分散排列，使组装时尽量使用元件引脚搭焊，减少连接线的使用，从而减少线与线之间的干扰。一般我装机的顺序为：首先进行灯丝供电布线，然后焊接电容、电阻，再布各放大部分供电线，最后布信号线。电子管放大电路中，电阻的发热量高，应尽量将元件管脚留长，否则长期工

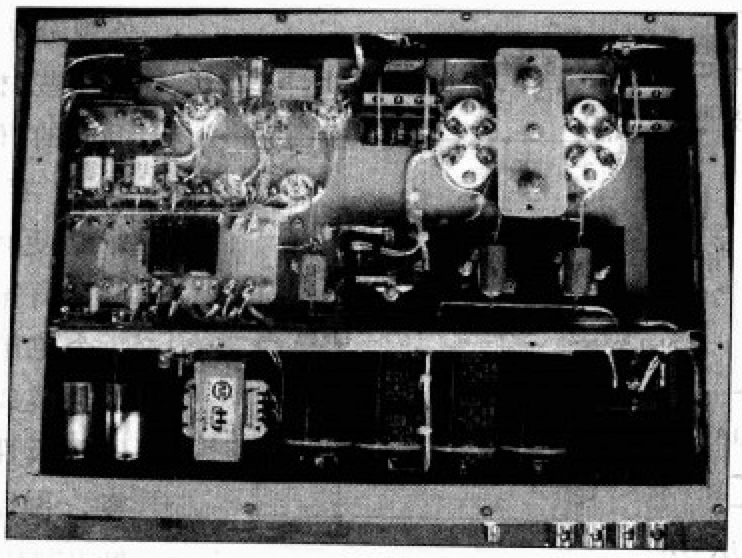


图 4

作在高温下的焊点，很容易引起虚焊甚至脱焊。为了便于检修，元件与元件之间不重叠焊接，应单层布局，使机内布线和电路一目了然，同时还可以避免电磁场构成交叉干扰。装好的电路板及结构如图 4 所示。

4. 调试

(1)新焊接好的放大器经过仔细核对电路图后，在不插入电子管下即可通电测试。通电后观察电源变压器有无异常响声。测试主供电电源电压是否正常，由于此时为空载，所以应比额定电压值高10%。然后测试每只管子的灯丝电压是否比额定电压高 10%。811 为大电流直流供电，整流滤波后应比额定值高 35%。(2) 测试完毕都正常后，可插入稳压部分的电子管，调节取样电位器，使输出端电压为310V (即6P14的3脚电压)，如调节后电压无变化，请检查是否焊接正确。(3) 稳压电路检查正常后，此时即可插入所有电子管，输出端加入8 Ω假负载，把音量电位器旋至最小，断开负反馈电路 (即断开与输出端的100 μ F 电容器)，通电检查各部分工作点是否为图纸中标注的电压，误差在5%内都属正常，误差过大请检查焊接是否正确，或前级放大管是否存在质量问题等。

以上步骤完成后，放大器基本可以工作了，此时通电接入8 Ω扬声器，把音量电位器旋至最小，就可以测试本底噪声了。听扬声器是否发出过大的交流声，用万用表交流挡，测试8 Ω输出端，本底噪声电压不应超出 1mV，条件好的可以使用示波器测试每个频段是否有自激现象。如无自激现象，方可加入负反馈电路。因为此放大电路无大环路负反馈，不会造成放大器的过大相移，如有自激现象，别急着对放大器的相位进行校正，应检查输出变压器的初级两端是否接反，可能对调后即可消失。

按照以上步骤调试后，可以做到20cm处基本听不到交流声，在制作时若出现较大交流声，首先应检查电源变压器的摆位是否合理、灯丝线路布线是否合理、U_a的滤波是否不良等因素。

三、输出变压器的制作

说到输出变压器，只要自己亲手绕制过的都深有体会。一台高质量、高标准、高水平的胆机，输出变压器的重要性占 80%，所以成功与否就在于输出变压器的设计制作。变压器的主要组成材料无非就是铁芯和漆包线，决定声音的好坏在于铁芯的选用和绕制方法，当然铁芯应该选用比较好的，如Z11、H10、 西电的1048铁芯，而后者可能不好找了。所以符合选择的只有 Z11、H10 铁芯，这两种的磁通量都比较大，做出来的初级电感量比用普通铁芯做出的初级电感量大，初级电感量越大，低频的下限频率就越低，效率就越高。区区几瓦或者十几瓦输出功率，在变压器中就损耗一大半那太不值得了，所以应尽量提高输出变压器的效率。本次制作的是 811，首先应该了解 811 的基本使用参数，才能设计出配套输出变压器。当 811 阳极供电为400V 左右时，内阻为1.8k Ω，为了提高阻尼系数，通常选用初级为4k Ω的输出变压器，铁芯截面积为 38mm × 45mm。根据 811 的 $U_g(U_a-I_a)$特性曲线，要使 811 屏极功耗不超出限定范围，I_a最高工作电流不能超出 100mA，本机中静态电流调整为 70mA，查表得：当 J=2.5A/mm² 时，直径为 0.19mm 的漆包线即可满足。为了使设计中有冗余性、减少初级直流电阻并充分利用铁芯窗口面积，初级我选用直径为0.29mm的漆包线，匝数为3730T，次级为1.2mm的漆包线，8 Ω匝数为 173T。漆包线可按 2.5A/mm² 来选择线径。

需要注意的是，要制作 15W 输出变压器，铁芯截面积为 8.65cm²，而我实际使用的是铁芯截面积为 15.2cm²，最大可以设计 45W 左右的输出变压器。不过使用这样的铁芯更好，制作出来的初级电感量会更大，有利于低频，制作时完全可以按照以上计算参数制作，但铁芯也不能取得过大，不然分布电容和漏感不好处理，也不能选择小于以上计算结果的铁芯，会使输出变压器严重发热而烧坏，指标也不能够达到预期结果，影响整机的性能。

近几年网络的发达，网上纷纷呈现了一些计算输出变压器的软件，经过验证大多数的准确性还是比较高，大家不妨试用一下，可以省去大量计算，使制作变得简单化。接下来是输出变压器的绕制，我想大多数人第一次绕制输出变压器经常会失败，因为绕制中不仅要有好的绕制方法，而且还是考验人的耐性极限和忍受能力。绕制一只参数较好的输出变压器，不是靠一两天工夫就可以的，还得加上仪器的测量，必须具备一对金耳朵，长期的反复实验，才能积累丰富的经验。

下面简单谈谈本次变压器的制作过程。输出变压器的

主要材料除铁芯和漆包线外，还有一种材料也非常重要，那就是厚度为0.08mm的电缆纸，它可以减少输出变压器的初级分布电容，提高高频的响应，还可以帮助你在绕制时把线圈绕制得非常整齐，使两只输出变压器参数接近一致。如果是第一次绕制变压器的新手，可能会忍受不了其中的枯燥乏味，会通过乱绕的方式绕制，我也在一些资料上看到，说乱绕的效果是怎样的，我想是他运气比较好而已，但我觉得乱绕输出变压器不值得去参照。如果乱绕，很容易把两只输出变压器的参数绕制得不一致，两只输出变压器的参数都不一样了，哪还有Hi-Fi可言呢！所以务必将线圈一匝一匝的排列整齐，每绕一层垫入一层电缆纸。输出变压器的绕组间和匝间具有交／直流两种电位差，叠加后的峰值电压极易发生击穿，加入电缆纸后还可以提高击穿电压，不喜欢浸漆的朋友就有机会尝试了。但我身处南方还是浸漆比较安全，夏天比较潮湿，人身安全为主。

线包绕制类型目前比较流行分段分层绕制。常用4夹3绕制，经实验此方法的确能够获取较高的指标，别小看这4夹3的绕制方式，其中的奥秘和制作难度系数是整机中最高的，一些胆机制造商也都纷纷打出口号，自己的输出变压器是什么独家精心研制。事实也的确如此，使用的电子管都一样，不同厂家做出的效果就是不一样。一些发烧友前辈们也都大公无私的贡献出自己的研制方法，我觉得值得借鉴。比如：(1) 初级间正反绕制，首首相接；(2) 初次级层与层之间并联绕制；(3) 采用分段骨架，左右两边正反绕制，交叉相接。除了以上三种还有更多的绕制方式，第1种相对第2、3两种要简单，初次绕制时可以参照，第2、3两种取得的效果最好，但绕制难度系数过高，可以循序渐进慢慢尝试。

经过两个星期的绕制终于将两只输出变压器绕制完，值得注意的是，绕制完第一只后别先浸漆，待两只配对后再浸漆，这是第一次绕制时可能犯的错误。当铁芯插入线包后，测试两只参数基本一致时，也别浸漆，应该放置一天，因为刚插入铁芯测试的值，和放置一天后的值不一样，一天后如两只变化量一致，方可浸漆。浸漆也是件苦恼的事，一个业余爱好者哪来真空浸漆设备，所以只能以时间来衡量浸漆的透彻性了，一般浸两天两夜可达到真空浸漆的效果。烘干后变压器就可以投入使用了，但最好还是再验证一次浸漆后的一致性。本次测量用的电感表是茂迪MID4070D，两只输出变压器初级电感量分别为29.5H、29.5H，漏感为1.98mH、1.87mH，一致性我还是比较满意，但实际使用时电感量不一定是这个值，因为输出变压器正常工作时加有直流成分，用数字表测试出的电感量将偏大，只能作为参考值或比较两只以上输出变压器初级电感量的相对大小。

四、电源变压器设计

电源变压器的制作相对于输出变压器要简单得多，也不用测试初级电感量和漏感量，减少分布电容等。本次设计的电源变压器要求为，总功率320VA，输入交流为220V/1.5A，输出交流为420V/0.5A、6.3V/6A × 2、6.3V/3A × 2。下面我将设计步骤简述如下：

1．整机实际所需的次级总功率$P2$：

$P2=70+50+50+18.9+30=218.9$（W）

2．$P2$计算出后，将变压器的效率考虑进去，这样就可以计算出初级的输入功率$P1$：

$P1=P2/\eta=218.9/0.85\approx257$（W）

η为变压器效率，一般取0.8～0.9之间，在此取0.85。

根据计算811单端至少需要257W的输入功率，而实际我选用了总输出功率为320VA的变压器，铁芯面积为：$Sc=3.8\times6.0=22.8$（cm^2），能够满足要求。电源变压器总功率确定后，即可计算出每伏匝数，总匝数和漆包线规格。这些都是通过查表可以得到的，可以省去大量的公式计算。附表所示的是各种EI型铁芯硅钢片规格。

附表

硅钢片型号	铁芯尺寸(mm)		输出功率(VA)	铁芯截面积(cm^2)	每伏匝数		片数近似值 硅钢片厚度(mm)	
	a	b			10000GS	6000GS	0.35	0.5
GEIB-22	22	35	38	7.7	5.9	7.3	91	66
GEIB-22	22	39	45	8.6	5.2	6.5	102	73
GEIB-22	22	41	50	9	5	6.2	107	77
GEIB-26	26	36	55	9.36	4.8	6	94	68
GEIB-26	26	38	60	9.9	4.6	5.7	99	72
GEIB-26	26	42	76	10.9	4.1	5.2	109	79
GEIB-30	30	40	90	12	3.8	4.7	104	75
GEIB-30	30	42	100	12.6	3.6	4.5	109	79
GEIB-30	30	46	120	13.8	3.3	4.1	120	87
GEIB-35	35	43	140	15	3	3.8	112	81
GEIB-35	35	46	160	16.1	2.8	3.5	119	87
GEIB-35	35	49	185	17.2	2.6	3.3	127	92
GEIB-35	35	51	200	17.9	2.5	3.1	132	96
GEIB-40	40	48	230	19.2	2.3	2.9	125	90
GEIB-40	40	50	250	19.8	2.3	2.8	130	94
GEIB-40	40	53	280	21	2.1	2.7	138	100
GEIB-40	40	56	320	22.4	2.2	2.7	146	105
GEIB-40	40	64	420	25.6	1.8	2.2	166	120
GEIB-45	45	60	450	27	1.7	2.1	156	113
GEIB-45	45	63	518	28.4	1.6	2	164	119
GEIB-45	45	67	575	30	1.5	1.9	174	126

从附表中可以看出当铁芯面积$Sc=22.8cm^2$时，每伏匝数为2.2匝 × 220V得到初级总匝数为484匝，又当$J=2.5A/mm^2$时，查表得0.86mm的漆包线可以设计出320VA的变压器。同理可查出它次级绕组的详细参数。值得注意的是：(1) 绕制此电源变压器时，每绕完一组绕组，必须加铜皮屏蔽接地，否则绕组间很容易耦合产生回路，从而难以处理交流声。(2) 因为导线有电阻，和电源电压波动，次级绕组的每伏匝数需提高5%。

外置音频解码器的制作

文 / 明9002

自从世界上第一张CD产生至今已近26个年头了，目前CD录音方式和制作方式虽然与过去有了很大的不同，但依旧是以44.1kHz采样率、16bit量化精度来制作。尽管我们知道已有许多192kHz/24bit的高指标音频数模转换芯片（以下简称DAC）问世，但播放CD使用44.1kHz/16bit的DAC已经足以，基于这个理念，笔者决定设计制作一款44.1kHz/16bit的音频DAC。

CD机里不是已经有了DAC了吗？为什么还要另外制作呢？估计有很多朋友会发出这样的疑问。其实道理很简单，为了音质！外置DAC将CD机的功能分成相对独立的两部分，CD机内的数模转换功能被剥离了出来，而原有的CD机仅用于控制和读取信号。由于外置DAC相对独立，因此受原机的电路干扰就较小，有利于提高DAC的性能，能获取更优良的听音效果。因而，通过外置DAC来改变CD的音色也是我要制作的主要目的。

1. 芯片的选择

常见的16bit精度DAC芯片有PCM56、AD1856、TDA1543、TDA1541等，其中TDA1541是一款具有音乐味芯片，因此笔者选择了它。确定了DAC芯片，接下来选择数字界面接收芯片，在此笔者选择了市面上容易买到的CS8414芯片，关于这个芯片，各大报刊网站都有介绍，许多厂家也将它应用在自己的产品当中，其性能是无需置疑，而且价格相对较为低廉，应用简单。而与TDA1541搭配的数字滤波芯片当然就是SAA7220这个老搭档了，SAA7220是一枚4倍滤波芯片，其工作电流达200mA，所以在工作时会发出一定的热量。因为TDA1541是电流输出型DAC芯片，所以它的输出信号需要做电流电压转换后经过低通滤波后输出，笔者在此选用了老牌运放NE5532。

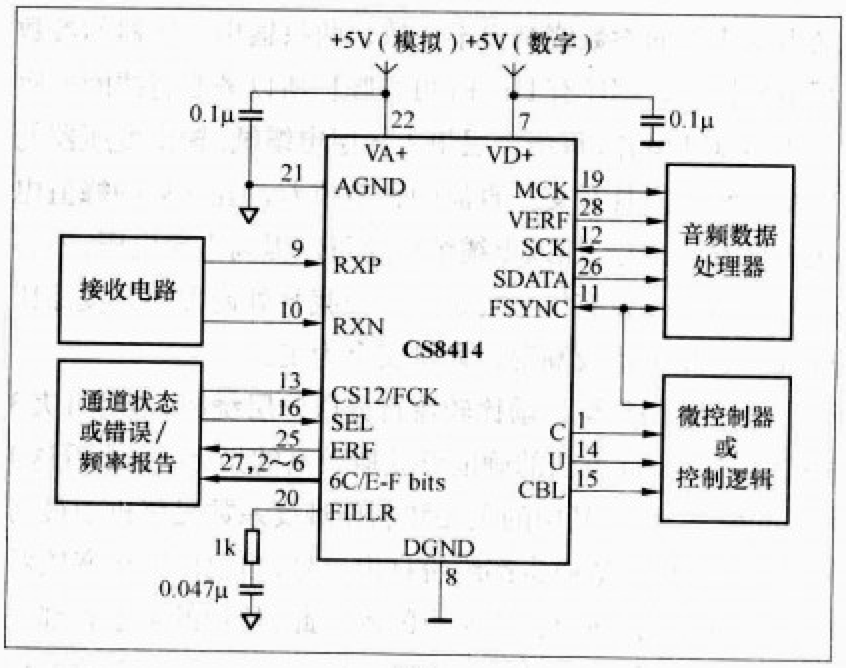


图1

2.电路的设计

当确定了主要的集成电路后，可根据集成电路的应用手册设计电路了。CS8414的官方线路如图1所示，7和22

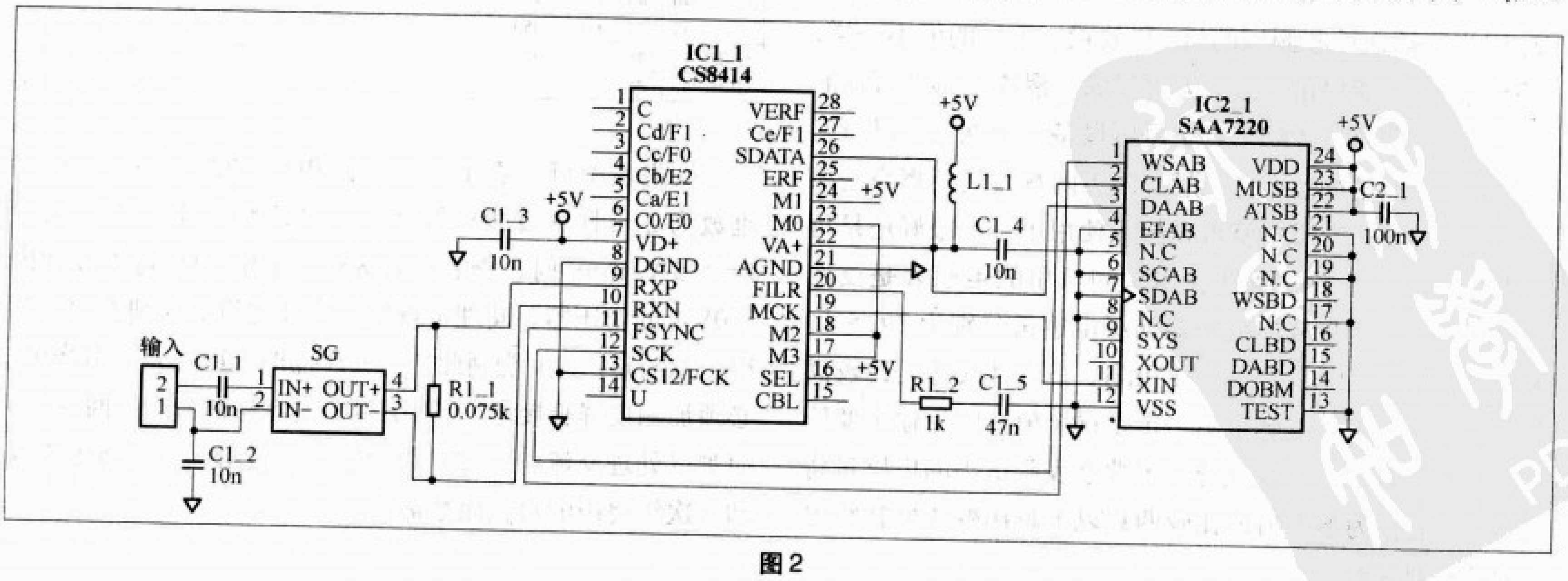


图2

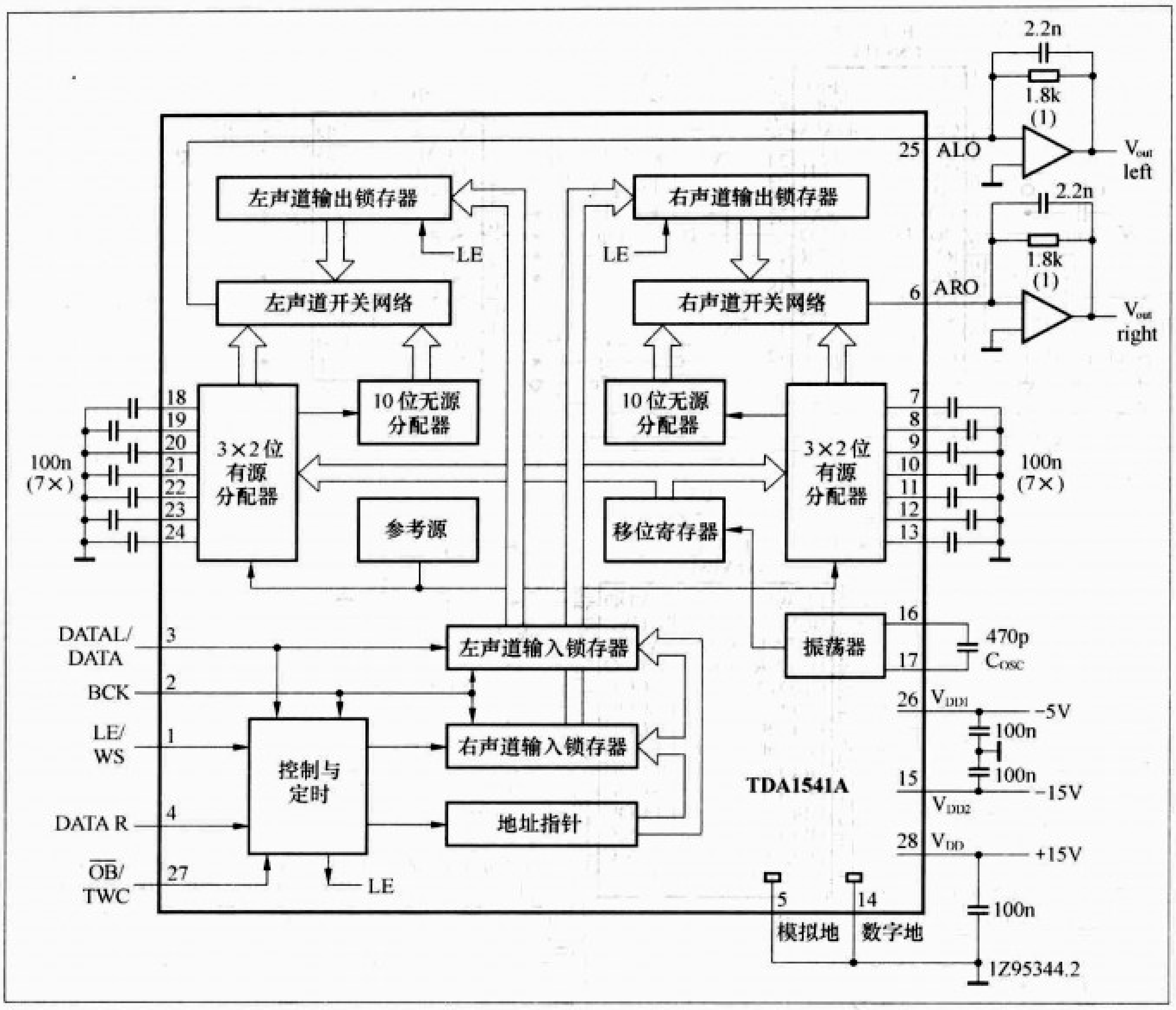


图3

脚为电源，9和10脚为信号输入，11、12、19、26脚为信号输出。17、18、23、24脚为输出模式设定。笔者在信号输入端增加一个信号隔离变压器来避免线路直接连接带来的干扰，然后根据已知的SAA7220所需要的是I²S格式数据模式来设定CS8414的输出(即M0=0，M1=1，M2=0，M3=0)。由于各公司对数据信号线的名称定义不同，很容易让初烧友弄糊涂，在此笔者做一个说明：CS8414的11脚是FSYNC（帧同步信号）与SAA7220相对应的是1脚的WSAB；CS8414的12脚是SCK（串行时钟信号）与SAA7220相对应的是2脚的CLAB；CS8414的19脚是MCK（主时钟信号）与SAA7220对应的是11脚XIN；CS8414的26脚是SDATA（串行数据）与SAA7220对应的是3脚DAAB。在常用的音频DAC里这4条信号线都是必须的，如需要应用，请读者自行研究，这里就不再进行说明。CS8414与SAA7220的连接图如图2所示。

TDA1541据官方线路如图3所示，1、2、3、4脚为信号输入，15、26、28脚为电源，6、25脚为信号输出，27脚为工作模式设定。由于SAA7220输出的仍然是I²S格式数据，那么根据TDA1541的官方手册将27脚接+5V，即设

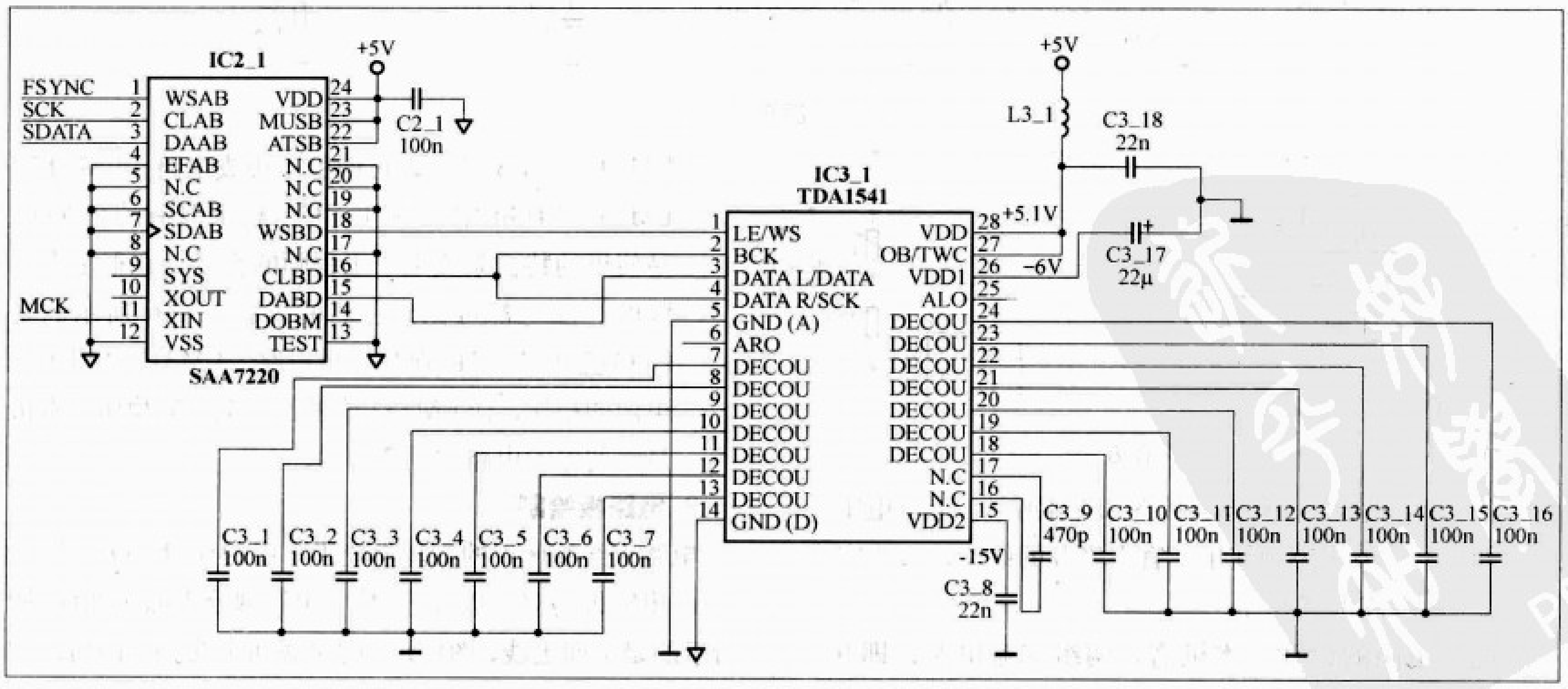


图4

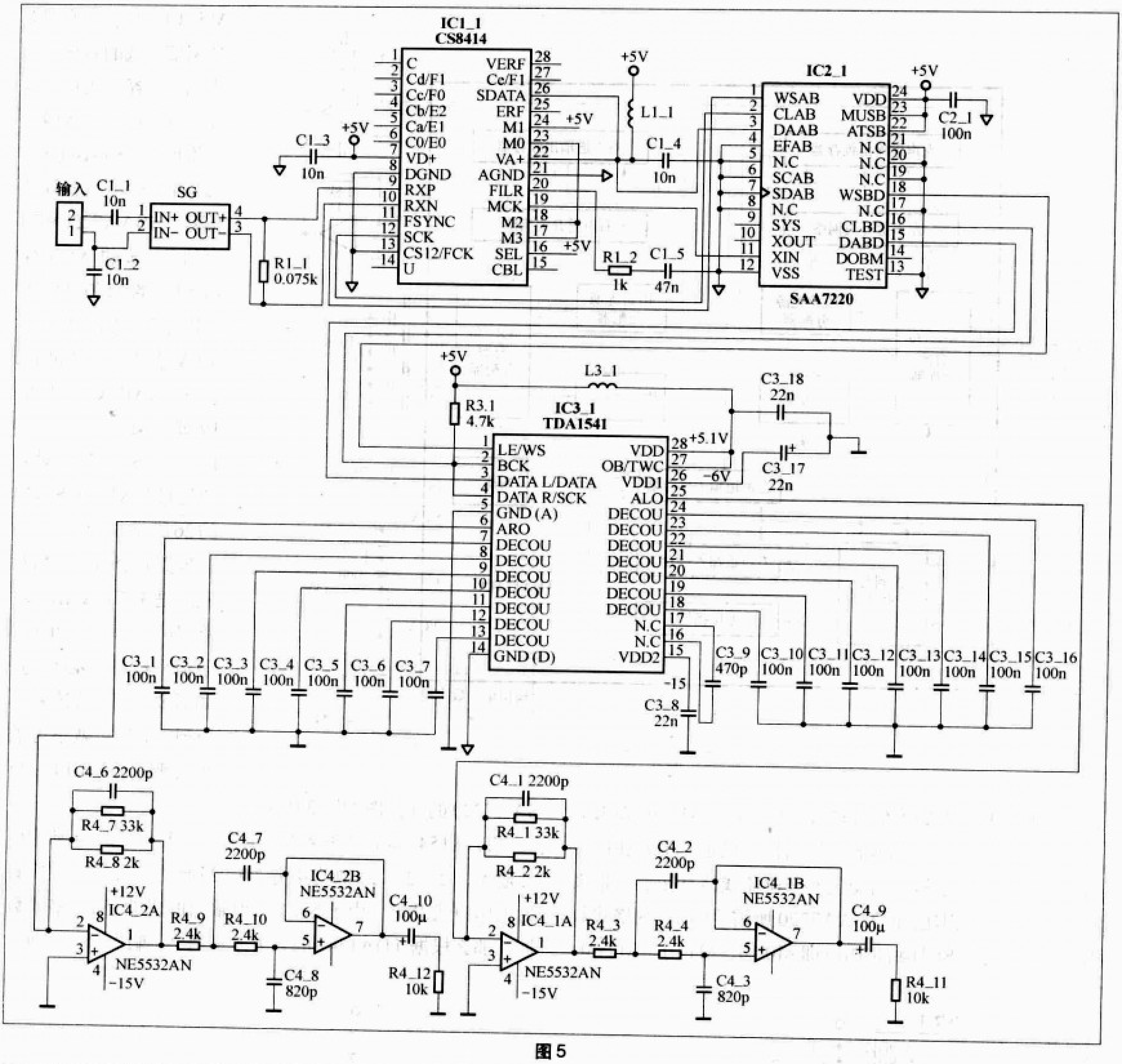


图5

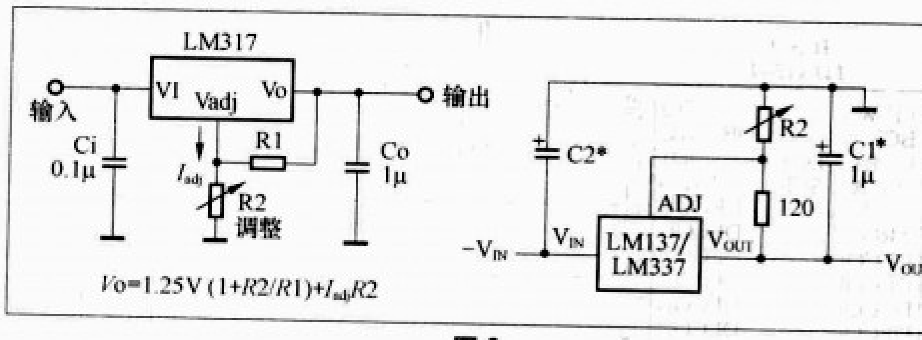


图6

为接收I²S格式数据。具体连接图如图4所示。电流电压转换以及低通滤波电路则使用了官方推荐的线路，最终完成的主体电路图如图5所示。

电源电路的设计，本机需要两组交流电源，即0～7.5V、0～15V，因此稳压模块选择美国国家半导体公司的LM317/LM337三端可调稳压集成电路。LM317/LM337具有相当广泛的应用领域，其具有的高性能、易使用的特性颇受电子工程师的喜爱，在很多大品牌的产品里都可见到它们的身影。图6所示的是LM317/LM337的典型应用电路，LM317适用于正电源的稳压，而LM337适用于负电源的稳压，本机最终的电源电路如图7所示。

3. 电路板绘制

电路板绘制使用的是国内较为常用的protel99se软件，本机的电路板为双面板设计，数字电路部分大面积铺地。图8所示的是顶面走线，图9所示的是底面走线。图10所示的是做好的电路板实物图。

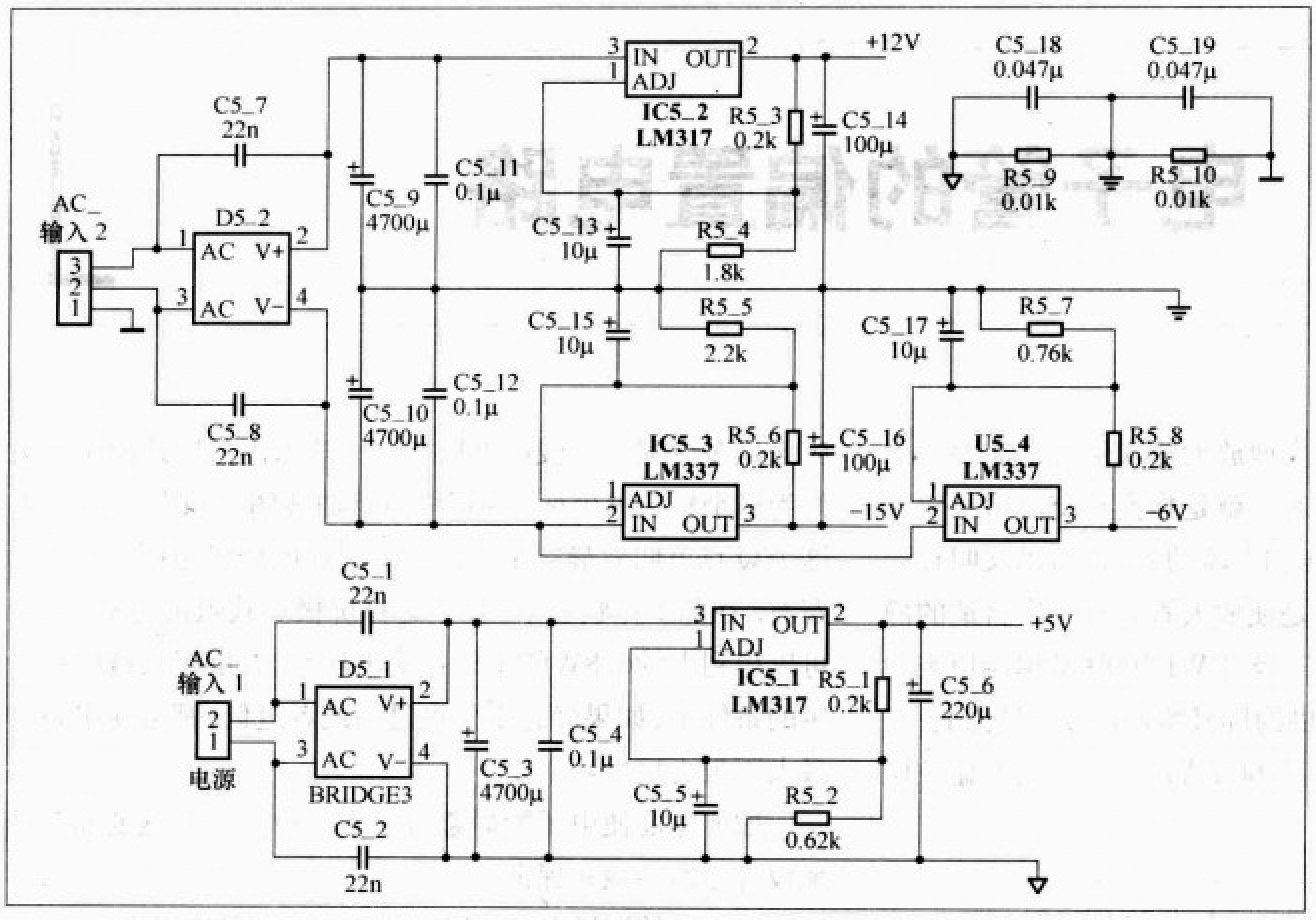


图7

4. 安装与调试

由于CS8414是SMD贴片封装，而电路板为了兼容CS8412的DIP直插针脚（CS8412为直插28脚，IC引脚定义与CS8414相同）设计成直插焊盘，所以CS8414要通过SMD转DIP的转接再与线路板连接。本机其他元器件均为直插封装的，元器件焊接起来相对容易些。在安装时，建议先焊接IC插座，待焊接完毕后，先通电测试稳压电源电压是否达到额定值，然后再将IC插入即可，这样可减少由

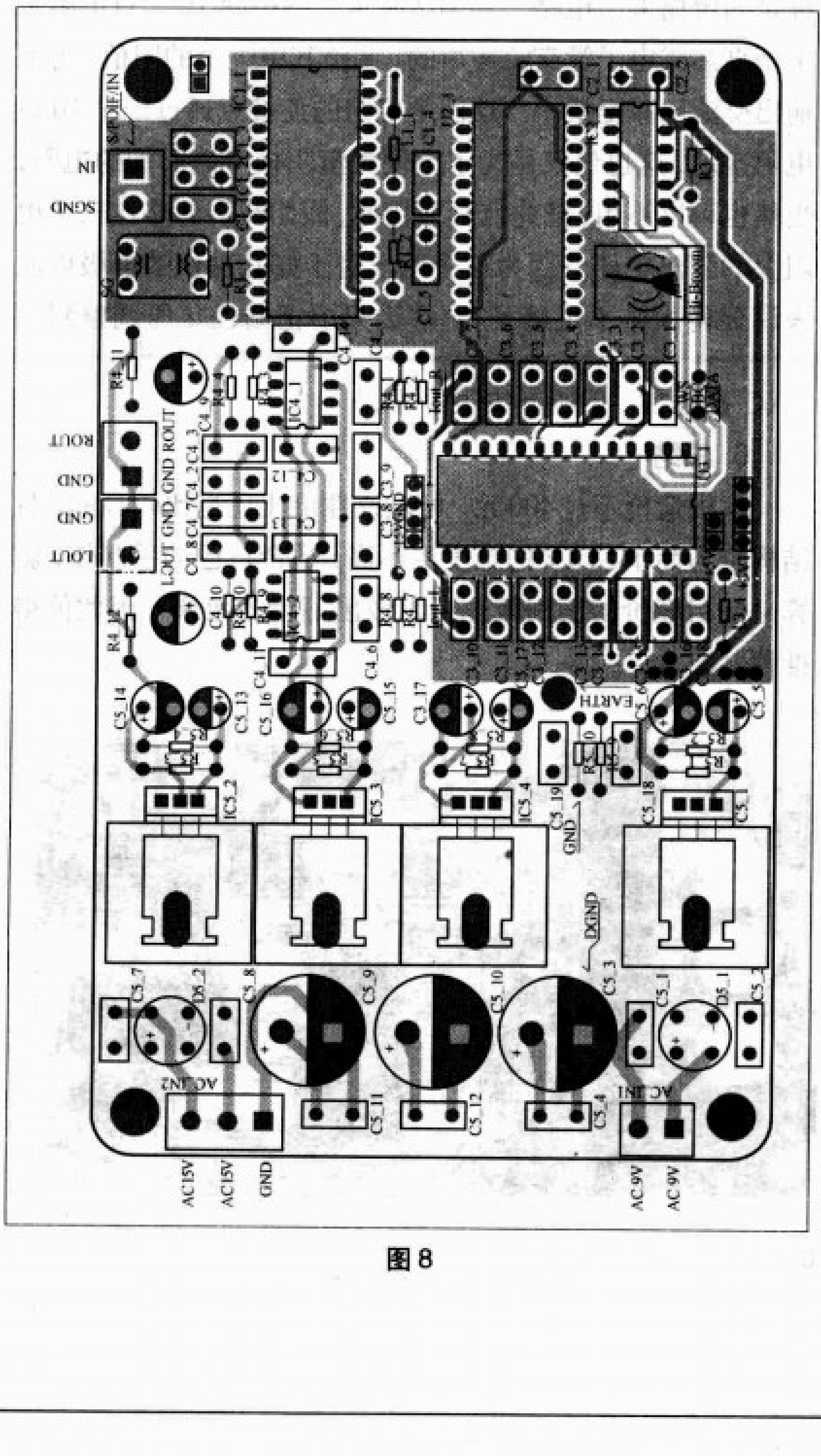


图8

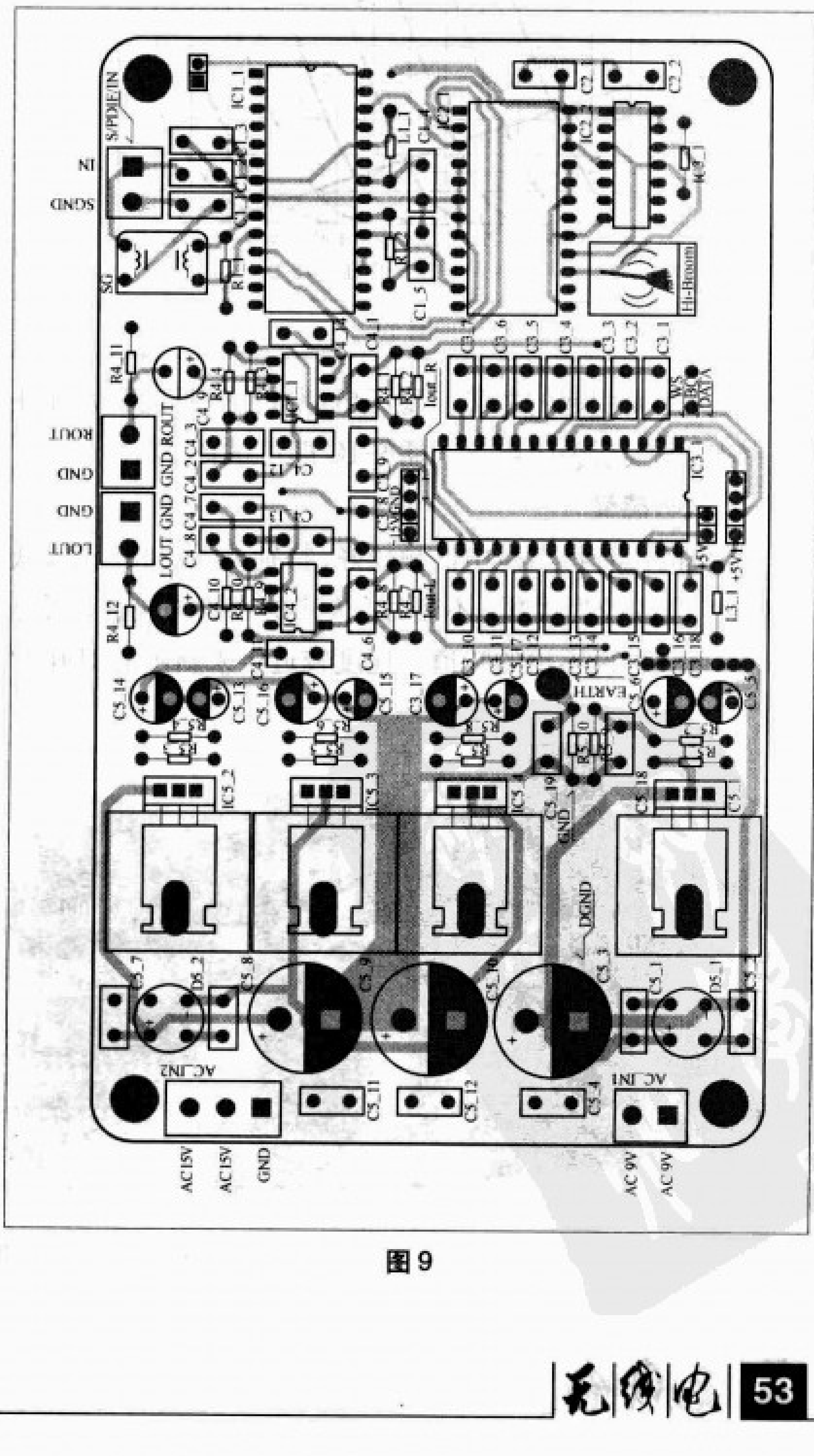


图9

电子管的偏置电路

文 / 安玉景

为了使电子管能够不失真地放大输入信号，需要一个合适的静态工作点。所谓静态，就是指没有交流信号输入时，电子管各个电极直流电压和电流的大小，所以又叫直流工作状态。偏置电路作用就是使放大管具有一个合适的静态工作点。例如采用直热式三极管 WE300B 做单端甲类功率放大电路时，根据原厂提供的屏极特性曲线，见图 1。当屏极电压为 350V、屏极电流为 60mA 时，所需要的栅负压

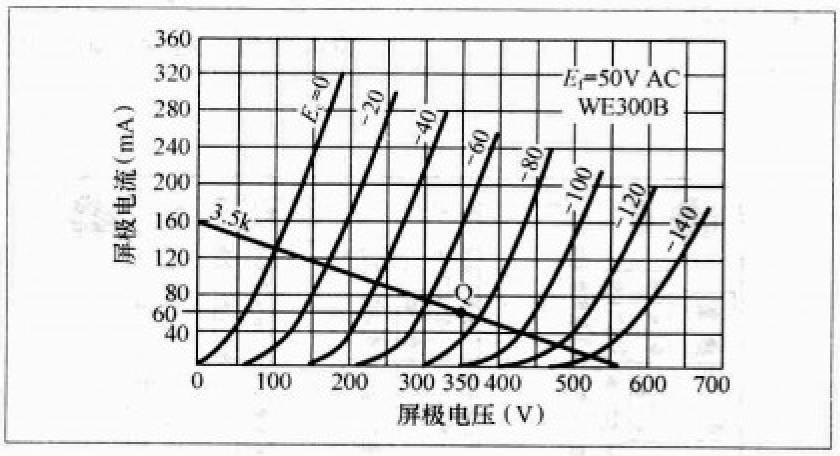


图 1

应该是多少呢？一般可以用如下方法求出，以这两个参数作为横坐标与纵坐标，在屏极特性曲线图上确定一个点Q，这个Q点就叫做静态工作点，它对应的栅极电压为 − 74V 左右。在此工作状态下，如果选择屏极负载阻抗为3.5kΩ，可以得到大约6.8W的不失真输出功率。在屏极负载阻抗一定的条件下，如果静态工作点过高或者过低，都会使电路的最大不失真输出功率变小。

如何才能使电子管静态时工作于 Q 点呢？这要靠合理地设计电路参数来保证。

电子管的栅极电压偏置电路通常有两种电路形式，第一种是固定栅偏压电路，如图 2 所示。图中两个 22 Ω 电阻是平衡直热式电子管交流声用的，调整其中一个的阻值，可使输出交流声减至最小。这两个电阻的连接点通过一个 10 Ω 电阻接地，这也仅仅是为了方便测量阴极电流而加的电阻，当然也可以不用，把此点直接接地。假如我们忽略这三个电阻上的直流电压（因为这个电压对于好几百伏的屏极电压来说显得太微不足道了），那么只要把栅极负压调整到 −

于组装疏漏而引起的故障。稳压电源数值可见图 7 表标注的，确认无误后关闭电源，插好 IC 即可试音了。

5. 试听感受

本机的声音特点是中低频较好，特别是人声相当厚，低频有力，高频较为柔顺，不刺耳。人声的感染力较强，听感较好，有一种说不出的味道，速度较近年来新出的 1bit 的 DAC 要慢些，但听起来很舒服。

6. 总结

本机造价不过400元，可以说性价比还是比较高的，且结构较为简单，DIY 的难度也不高，适合自己动手制作，就算是使用廉价的洞洞板也可以做出不错的效果，因此值得推荐。

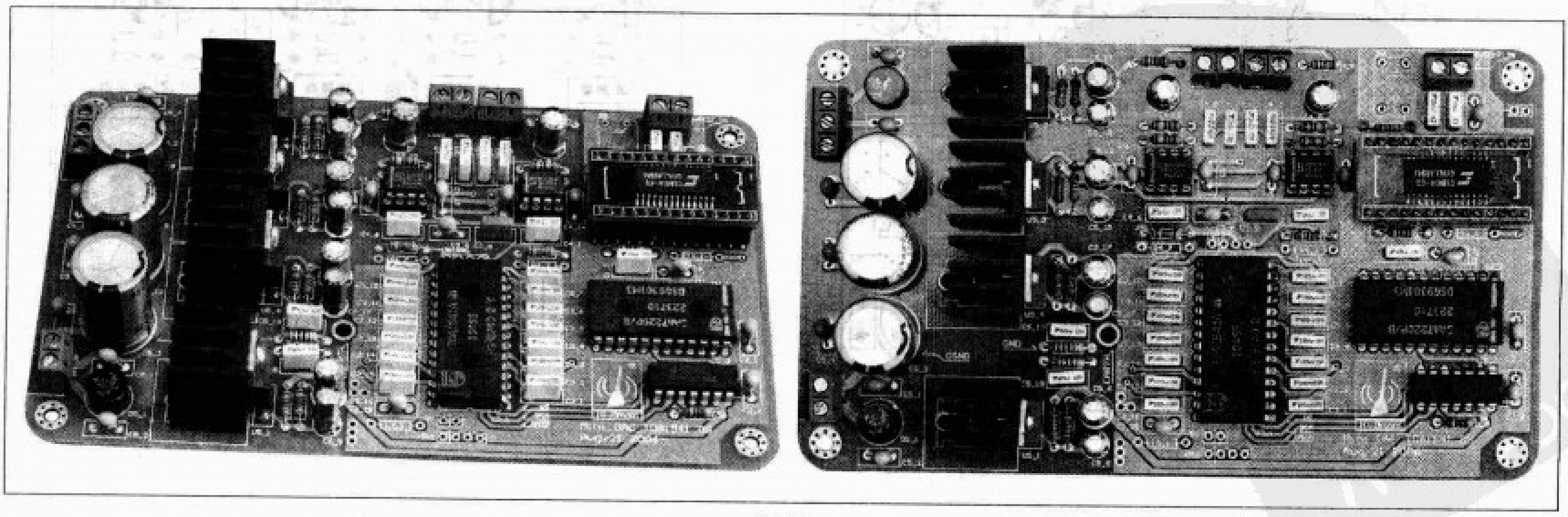


图 10

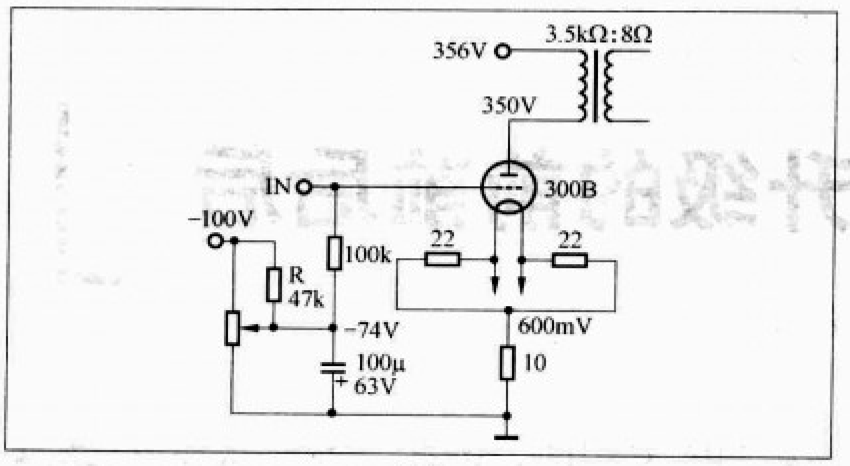


图 2

74V左右，并且把屏极电压调到350V，就可以使屏极电流等于60mA。假设输出变压器的初级线圈的直流电阻为100Ω，那么应当把屏极电源电压设计为356V就合适了。

另一种是自给栅偏压电路，如图3所示。它不需要单独的栅极负电源，因此栅极电阻的另一端直接接地，但是必须有阴极电阻，并且它的取值应当使屏极电流在它上面产生的电压等于所需栅负压的绝对值。同上例，屏极电流等于60mA，所需栅负压为－74V，则阴极电阻应当为74V/0.06A≈1233Ω。这里可以取电阻的标称值1.2kΩ。为了不使阴极电阻产生交流电流负反馈，还要在它两端并联一个旁路电容，容量在100～220μF，耐压不应低于74V，这里取100V。阴极电阻上的电压极性是上正下负，也就是阴极为正，地端为负，因为输出电子管工作于甲1类，没有栅极电流，所以270kΩ栅极电阻上也没有直流电压降。因此栅极相对于阴极来说是负电压，数值是74V，起到了栅负压的作用。由于这种偏置电路不需要专门的栅负压电源，而是利用阴极电阻自己产生所需要的栅负压，所以叫做自给栅偏压电路。为了使放大管的屏极至阴极间的电压达到350V，屏极电压就应当是74＋350＝424（V），再加上输出变压器初级线圈上的电压降，电源电压就应当为430V。由此可见，自给栅偏压电路所需的电源电压比固定栅偏压电路高，它等于所需的屏极电压与栅负电压（绝对值）之和。由于阴极电阻具有直流电流负反馈作用，所以具有自动稳定屏极电流的特点。假设因为市电电压升高使得屏极电压也升高，于是屏极电流相应增大，引起阴极电阻上的电压变大，即自给栅负压也增加，结果屏极电流就会减小，稳定了屏极电流。另外，在栅极电阻万一开路时，由于阴极电阻的存在，屏流也不会无限制的增大，保护了输出管。而在固定栅偏压电路中，当栅负压电路出现故障使得栅负压消失时，屏流就会很快增大，造成屏耗增加、屏极发红，使电子管受伤甚至损坏。特别是栅负压采用可调电阻时，如果它的动触点接触不良或开路，就会使屏流增大。所以把屏流调合适以后，最好换成固定电阻。或者像图2那样在可调电阻的动触点和负电源之间加上一只电阻R（47kΩ），这样万一动触点开路，栅负压变成最大，屏流变小，就不会伤及输出管。当然固定栅偏压电路也有它的优点，一是在同等工作条件下，输出功率比自给栅偏压电路稍大些；二是所需的屏极电压较低，这样当采用高屏压输出管时，对滤波电容的耐压要求可以低一些。

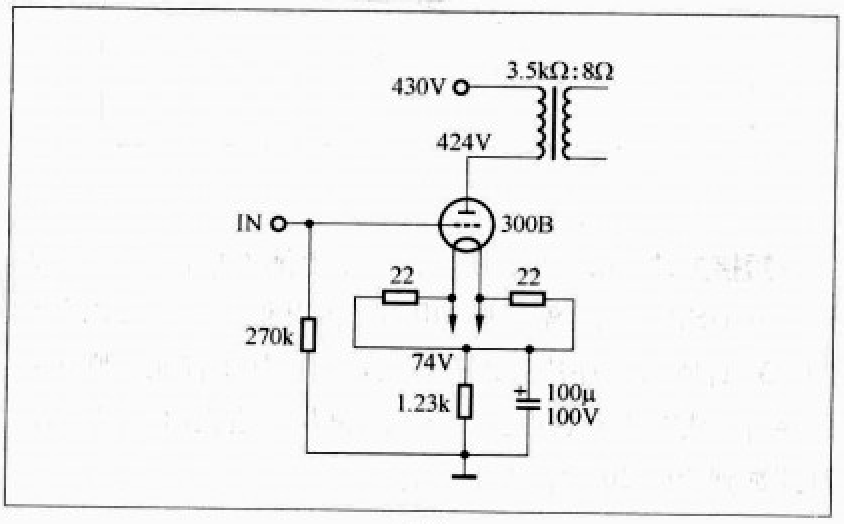


图 3

当然还可以把两种偏置电路结合在一起使用，如图4所示，不妨把它叫做混合式偏置电路。但必须合理地设计电路元件参数，满足电路要求，否则不能达到应有的最大输出功率。仍以WE300B为例，假如阴极电阻取值500Ω，当屏极电流为60mA时，它上面的电压是30V，再把栅负压调整到－44V左右，屏极电压设计为380V，就满足了图1的要求。此时，实际栅极－阴极电压是－44－30＝－74（V），实际屏极—阴极电压是380－30＝350(V)。所以这种混合式偏置电路的关键，是要保证栅负压、屏极电压、屏极电流这三个参数合适，才能输出尽可能大的不失真功率。否则，有时虽然能出声，但声音一大，肯定出现失真。如果是小信号电压放大级，由于不要求输出功率，则又当别论。

希望拙文对初学电子管电路的朋友有所帮助，若有不妥和错误之处，敬请批评指正。

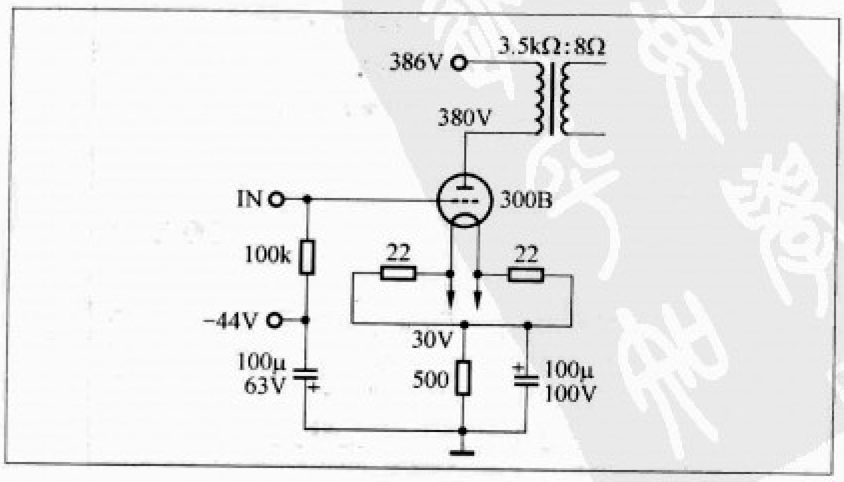


图 4

对MP3进行固件升级的前前后后

文/曹成武

在使用MP3的时候，有时会满足自己的好奇心而对其进行固件升级。本人因为想知道升级后MP3有什么变化，于是对其进行固件升级，因粗心而选错了固件文件，刷机后系统提示对话框，如图1所示。拔下USB连接线再次与电脑连接，电脑上无任何反应，连续插拔几次，故障依旧如此。只见MP3上的背光灯一闪一闪，屏幕上无任何显示。到网上查资料，得知：MP3刷机故障且与电脑连接无任何反应时，可将其29、30针短接（对于玩儿家，可在两针之间连一个微动开关）再与电脑连接，进行相关操作。

图1

我再次将MP3与电脑连接（保持29、30针脚短路状态），这时可以看到“连接图标”，但在“资源管理器”中看不到“U盘”，如图2所示。

图2

启动MP3 Player Utilities 3.68中的MP3 Player Update Tool，系统提示如图3所示。选择好固件文件后，单击“打开”，系统提示读取文件后，会弹出一个对话框如图4所示。再单击“恢复固件”，完成后，拔下USB连接线，等MP3启动后，再次与电脑连接，这时在“资源管理器”中可看到“可移动磁盘”图标，双击打开，系统提示“磁盘未格式化”，单击“是”，接着会弹出一个对话框，在“文件系统”下拉列框中选择“FAT32”，如图5所示。再单击“开始”，系统又提示“格式化 可移动磁盘”单击“确定”，待系统完成后，再安全删除硬件，拔下USB连接线，这时你的MP3又恢复正常了。

图3

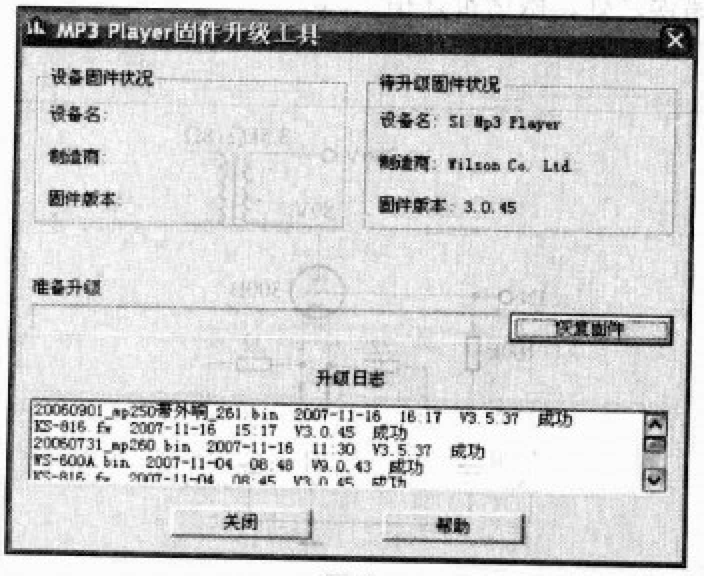


图4

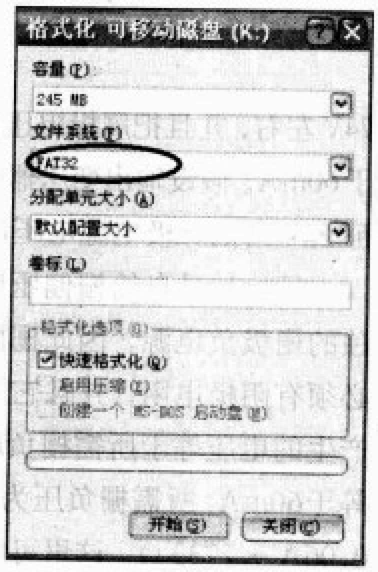


图5

说明：在启动MP3 Player Update Tool后，如系统提示“未检测到设备”，如图6所示，则在“我的电脑”上单击鼠标右键，选择“管理”，系统会弹出“计算机管理”对话框，再单击“设备管理器”，双击“未知设备”，如图7所示，再安装正确的驱动程序，安装完成后，再启动MP3 Player Update Tool，并按照上述步骤操作。

图6

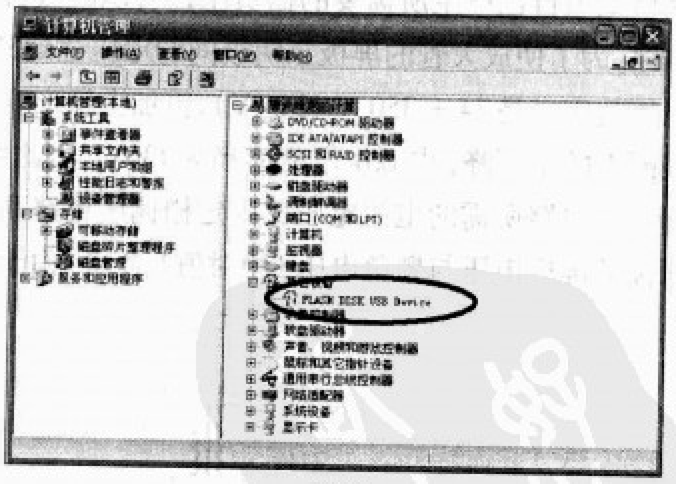


图7

短接方法：第一步：用烙铁焊下电池（为了方便，可先连接好USB线）；第二步：用镊子或其他工具短接闪存片29、30针脚（闪存片旁边一般会注明，如未注明，则正对闪存片，从左边开始由上到下数，再从右边也由上到下数，直到数到29、30针脚为止）。

什么是D类功放

文/杨宇全

D类音频功率放大器（有时也称为数字功放）已经问世多年，与一般的线性AB类功放电路相比，D类功放有效率高、体积小等特点。随着电子技术的迅速发展，D类功放的音质逐渐得到很多音响发烧友及广大用户的认可。本文从简单的电路原理入手，向大家介绍一下什么是D类功放。

一、D类功放的原理

为了让大家了解D类功放的特点，我们先来回顾一下A类、AB类功放。以往常用的音频功率放大器根据工作点的不同，可以分为A类、AB类（C类通常只用于射频功率放大，这里不作讨论）。

1. A类功放（又称甲类功放）

推挽A类功放输出级中两个（或两组）晶体管永远处于导通状态，也就是说不管有无信号输入，它们身上都流过一个较大的电流，这个电流大于等于输出交流信号的峰值。当无信号时，两个晶体管各流通等量的电流，因此在输出中心点上没有不平衡的电流或电压输出，故无电流输入扬声器。当信号趋向正极，线路上方的输出晶体管容许流入较多的电流，下方的输出晶体管则相对减少电流。由于电流开始不平衡，于是流入扬声器而且推动扬声器发声。A类功放的工作方式具有最佳的线性，每个输出晶体管均放大信号全波形，完全不存在交越失真，即使不使用负反馈，它的开环路失真仍十分低，因此被称为是声音最理想的放大线路设计。但这种设计有利有弊：A类功放最大的缺点是效率低，因为无信号时仍有满电流流入，电能全部转为高热量。当信号电平增加时，有些功率可进入负载，但许多仍转变为热量。

A类功放发热量惊人，为了有效处理散热问题，A类功放必须采用大型散热器。因为它的效率低，供电器一定要能提供充足的电流。所以A类功放机的体积和重量都很大，这会增加制造成本。例如：Krell的KSD-50S甲类功放，输出为50W+50W，重量却是30kg。通常A类放大的实际效率只能做到25%左右。

2. AB类功放（又称甲乙类功放）

由于纯粹的B类放大器会产生严重的交越失真，极少用于音频放大。AB类功放可以说是在性能和效率之间妥协的改进型的B类放大器。AB类功放通常有两个偏压，在无信号时也有少量电流通过输出晶体管。它在小信号时用A类工作模式，改善电路线性，当信号提高到某一电平时自动转为B类工作模式，以获得较高的效率。相对A类、B类放大器而言，这种设计可以获得较小的交越失真并提高效率、减少热量，这是一种颇为合乎逻辑的设计，因此在传统的音频放大器中获得广泛的引用。尽管如此，其实际效率也只能做到35%~45%。

图1所示的是AB类功放的方框图，值得注意的是：功率放大器件在这里的作用相当于一个线性变化的电阻，所以它本身需要消耗很多功率。

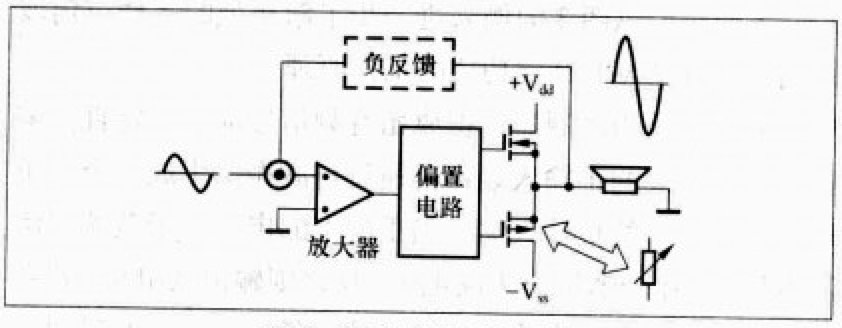


图1 AB类功放原理框图

3. D类功放（又称为丁类功放）

D类功率放大的工作原理有点类似开关稳压电源，它是通过控制功率管的开关（通/断）来获得功率转换的。开关管在导通时虽然电流最大，但是管压降却很低。在截止时虽然电压最大，电流却等于零。由于开关器件总会有很小的饱和压降而消耗部分电能，这种耗电只与管子的特性有关，而与信号输出的大小无关，这样消耗在器件上的功率就很小，所以，它适合用作大功率功放的输出。通常D类放大的效率可达90%~95%，远比A类、AB类高。

D类功率放大器不是像A类、AB类功放那样，按某种线性比例去放大音频信号，而是通过某种调制的方式，来获得与输入音频信号相关的开关波形，然后再通过低通滤波器，滤除了开关脉冲中的高频谐波分量，从而恢复出功率增强了的音频信号。D类功放与模拟功放最显著的不同点就是对音频信号的调制，下面我们来看看两种最常用的调制方式：

(1)三角波调制方式

图2所示的是D类功放结构方框图。由图2可见，输入信号经过前级放大后，并不是直接去驱动末级功率管，而是

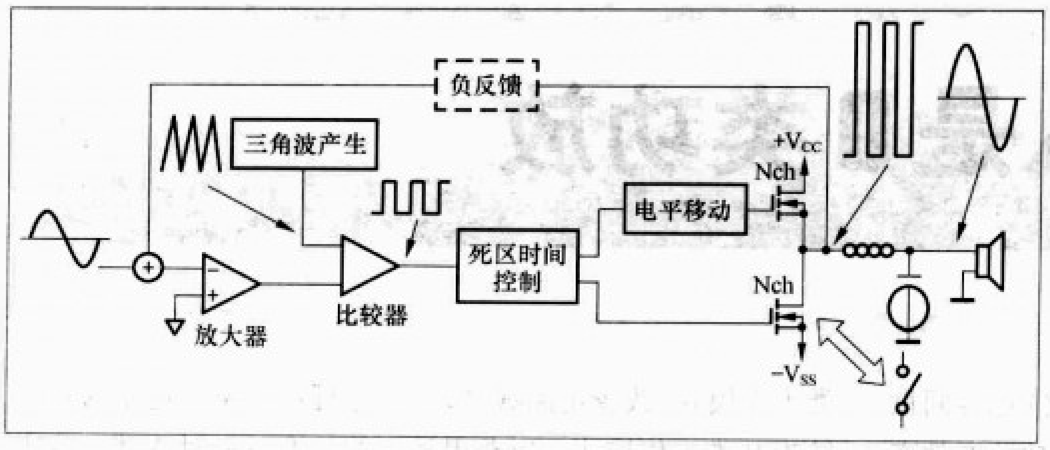


图2 D类功放结构框图

用来与一个某种频率的三角波比较，产生出随着输入信号瞬时值规律变化的、不同脉冲宽度的方波信号去驱动末级功率管的通／断。在这里，末级功率管的作用相当于一个开关。图2中的“死区控制”是用来防止上下管子直通损坏的保护措施；“电平移动”则是为电路的上臂提供所需的偏置电平。

下面我们以图3为例来进一步了解典型的采样三角波调制法（SPWM）D类功放的工作原理。

第一部分为调制器，把原始音频信号加上一定直流偏置后放在运放的正输入端；再通过自激振荡生成一个三角形波加到运放的负输入端。当正端上的电位高于负端三角波电位时，比较器输出为高电平，反之则输出低电平。若音频输入信号为零，则比较器输出的高低电平持续的时间一样，输出就是一个占空比为1:1的方波。当有音频信号输入时，正半周期间，比较器输出高电平的时间比低电平长，则方波的占空比大于1:1；负半周期间，由于还有直流偏置，所以比较器正输入端的电平还是大于零，但音频信号幅度高于三角波幅度的时间却大为减少，则方波占空比小于1:1。这样，比较器输出的波形就是一个脉冲宽度被音频信号幅度调制后的波形，称为PWM（Pulse Width Modulation脉宽调制）或PDM（Pulse Duration Modulation 脉冲持续时间调制）波形，输入的音频信息被调制到脉冲波形中。

第二部分就是D类功放，这是一个脉冲控制的大电流开关放大器，把比较器输出的PWM信号变成高电压、大电流的大功率PWM信号，其输出的最大功率由负载、电源电压和晶体管允许流过的电流来决定。

第三部分需把大功率PWM波形中的声音信息还原出来。方法很简单，只需要用一个低通滤波器。但由于此时电流很大，RC结构的低通滤波器电阻因耗能而不能采用，必须使用LC低通滤波器。当占空比大于1:1的脉冲到来时，C的充电时间大于放电时间，输出电平上升；当窄脉冲到来时，放电时间长，输出电平下降，正好与原音频信号的幅度变化相一致，所以原音频信号被恢复出来。近年来在一些功率较小的D类放大器中，利用扬声器的电感来作为低通滤波器的电感而省去了滤波电感的设计屡见不鲜。

用分立元件或者比较器可以设计出SPMW的调制电路，但是目前已经有很多专用的D类放大的芯片，其内部

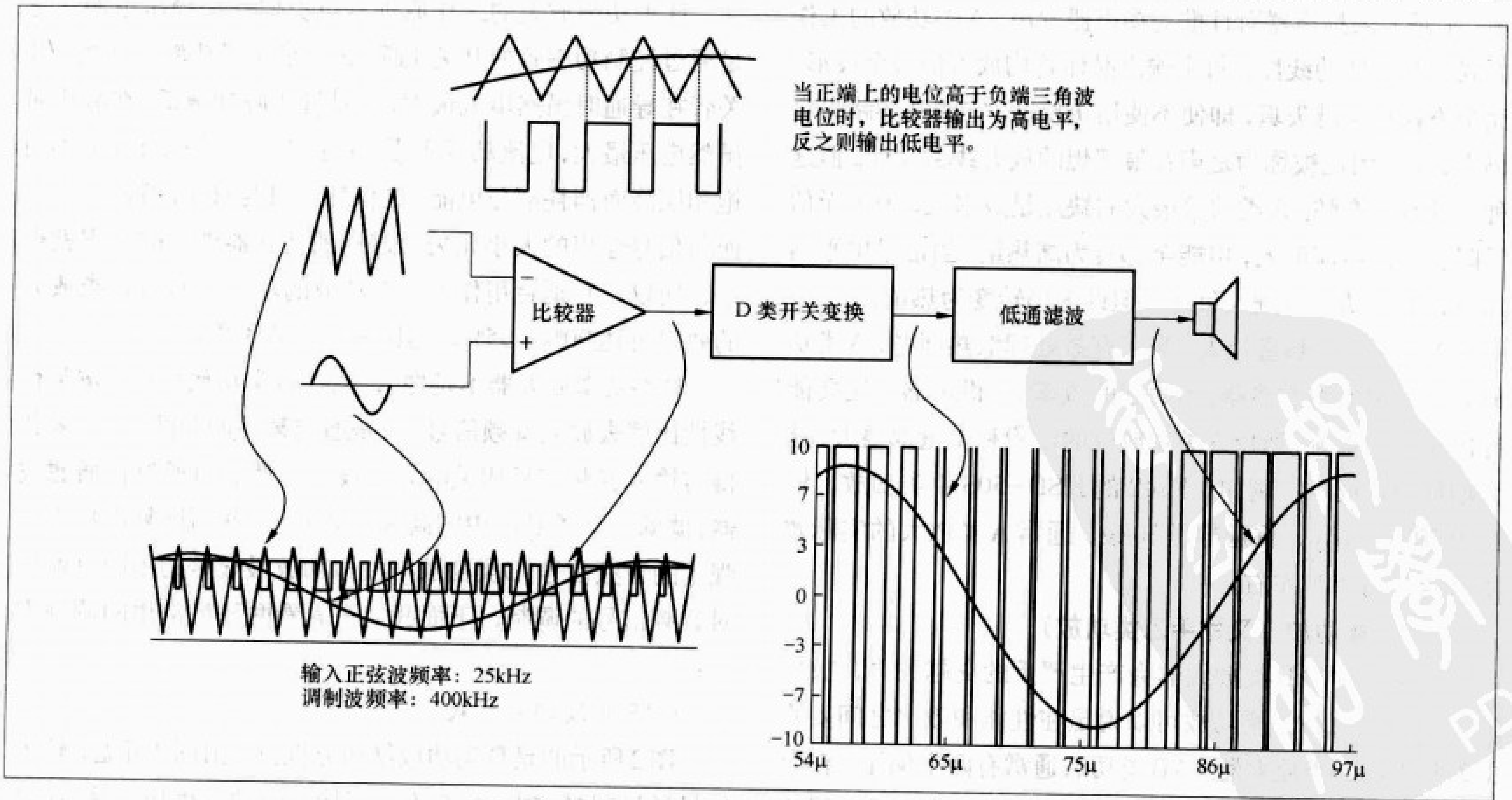


图3 采用三角波调制法（SPWM）D类功放调制波形

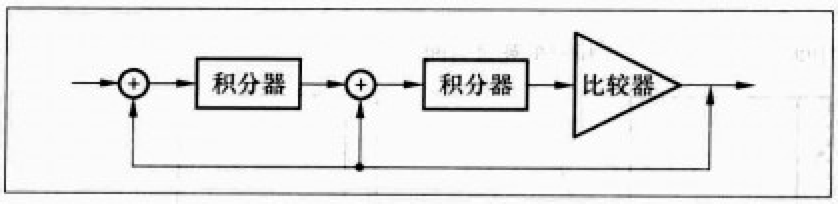


图4 Δ-Σ调制器原理框图

集成了这些功能模块，在此我们就不再去分析具体的电路了。

(2) Δ－Σ调制方式

Δ－Σ调制器本质上是一个高速低精度(1位)的ADC，图4所示的是Δ－Σ调制器原理方框图，调制器以非常大的过采样率采样模拟信号。在这个阶段，调制器将输入和输出之间的差值（Δ）进行一阶或者多阶积分（Σ），结果通过一个量化器（1位ADC）输出二进制码流（脉宽）。该码流一方面输出给数字滤波部分，另一方面通过一位DAC后和输入信号比较，提供差值信号(Δ)，构成一个反馈循环。这种方式的优点在于取样频率非常高，量化脉冲分散在很宽的频带中，信号频带内的脉冲密度低，可以采用多级ΔΣ量化脉冲发生电路来提高性能。量化脉冲发生器的组合可以降低噪声。该电路使频带内的残余脉冲分布在很宽的频带里，在使用滤波器后，抑制噪声能力大为提高。

除此之外，还有多电平移相法等调制方法。美国的Tripath公司还有一种采用自适应信号处理和预测信号处理、调制载波频率可变的“T”类调制，我们不妨把它看成D类功放调制的一种变种。这些调制方法万变不离其宗，就是把信号的正弦波变成与其相关的开关调制方波，用来控制功率开关器件（功率晶体管、场效应管）的通断，从而达到功率放大的目的。

输出信号通过负反馈电阻反馈回输入端，这可以进一步降低整机的失真。有些电路设计的负反馈也是调制脉冲的振荡环路，也有很多D类功放设计是没有负反馈的。

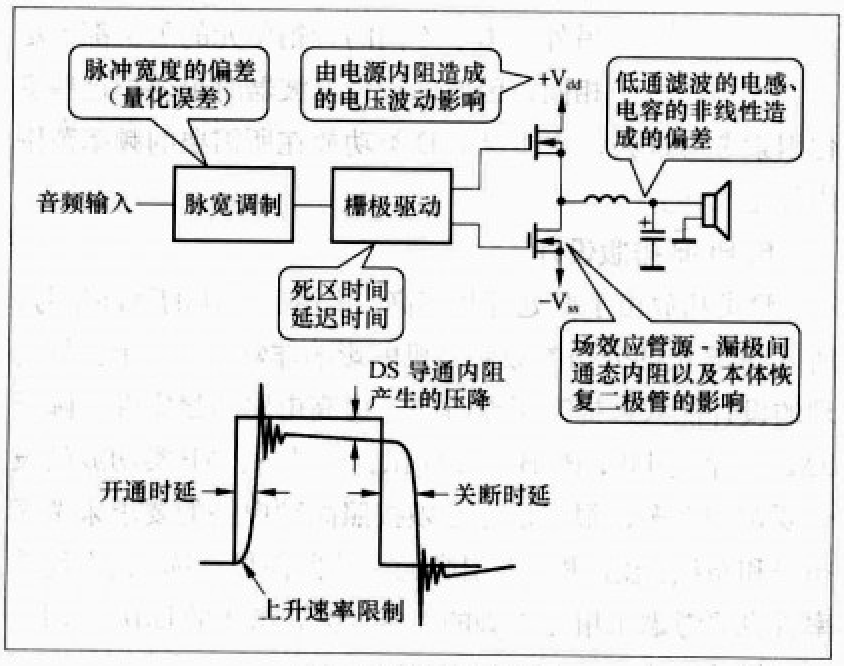


图5 影响品质的因素

二、提高D类功放性能的几个因素

影响D类功放性能的几个重要因素如图5所示，下面具体分析。

1.调制电路的影响

调制电路是D类功放的一个重要环节。要把20kHz以下的音频调制成PWM信号，三角波的频率至少要达到100kHz。目前市面上的D类功放的载波频率都在250kHz以上，如果调制频率过低，并且要达到同样要求的THD标准，则对无源LC低通滤波器的元件要求比较高。如果调制频率高，则输出波形的锯齿小，更加接近原波形，THD小，而且可以用低数值、小体积和精度要求相对低一些的电感和电容来制成滤波器，造价相应降低。但此时功率管的开关损耗会随频率上升而上升，无源器件中的高频损耗、射频的趋肤效应会使整机效率下降。更高的调制频率还容易出现射频干扰，所以调制频率通常也不能高于1MHz。国内有一种采用分立器件的D类功放，其调制频率接近1MHz。

2.“死区时间”的影响

在D类功放的开关变换中，当上桥臂的管子导通时，电源$+V_{dd}$通过管子流向负载；同理，当下桥臂的管子导通时，电源从参考端（地）经负载流向$-V$ss。也就是说，上下桥臂的管子在同一时刻只能有一个导通，如果两个管子同时导通就会造成电源短路。在电路中由于存在时间延迟，为了确保上下桥臂不同时导通，就要人为地安排一个“先关断→延时→再开启”的时间差，这个时间差就是所谓“死区时间”。在“死区时间”里，上下桥臂都是关断的，这就会造成信号波形的断点，从而引起失真。图6所示的是“死区时间”的时序以及死区延时对失真度的影响。由图6可见，几十纳秒少量的“死区时间”很容易就产生1%以上的谐波失真。IR公司的D类功放芯片具有“死区时间”外部设定的功能，这给功放设计带来方便。

3.电源波动的影响

在大信号时，输出电流在电源内阻上的压降会引起电源电压波动，这种波动会降低D类功放的增益，对低音频段的影响更为严重。采用动态响应快的开关电源供电会有助于克服这些影响，通常要求用反应速度达到微秒级别的电流反馈开关电源。普通用途的直流开关电源由于动态响应慢，EMI干扰也大，并不适合用于D类功放。当然，由于市面上能满足D类功放性能要求的开关电源并不多，或者出于降低成本的权衡，很多D类功放仍然采用环形变压器整流 + 大电解电容滤波的传统供电方式。在这种情况下，滤波用电容也要尽量选用高频、低ESR、用于开关电源滤波的电解电容。

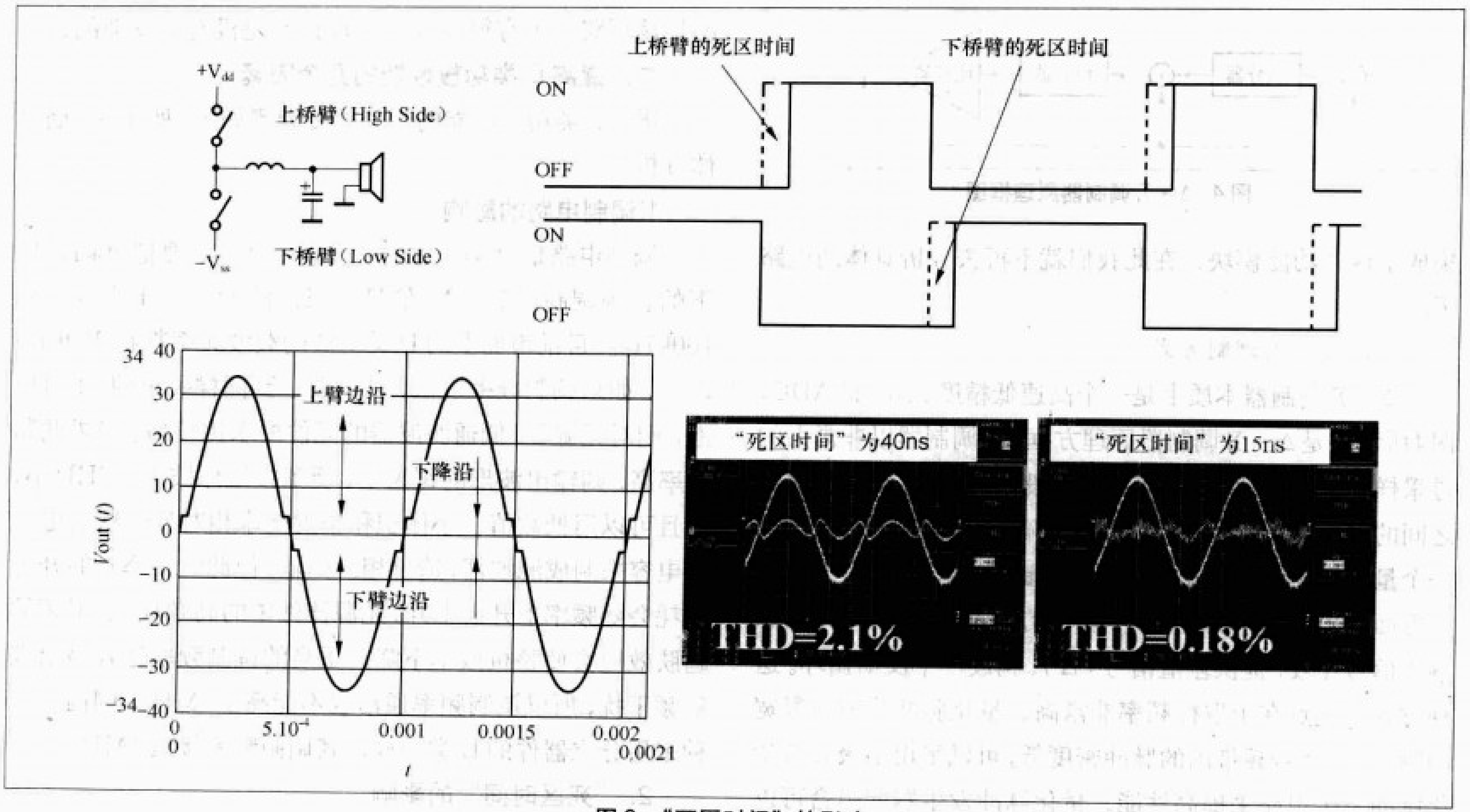


图6 “死区时间”的影响

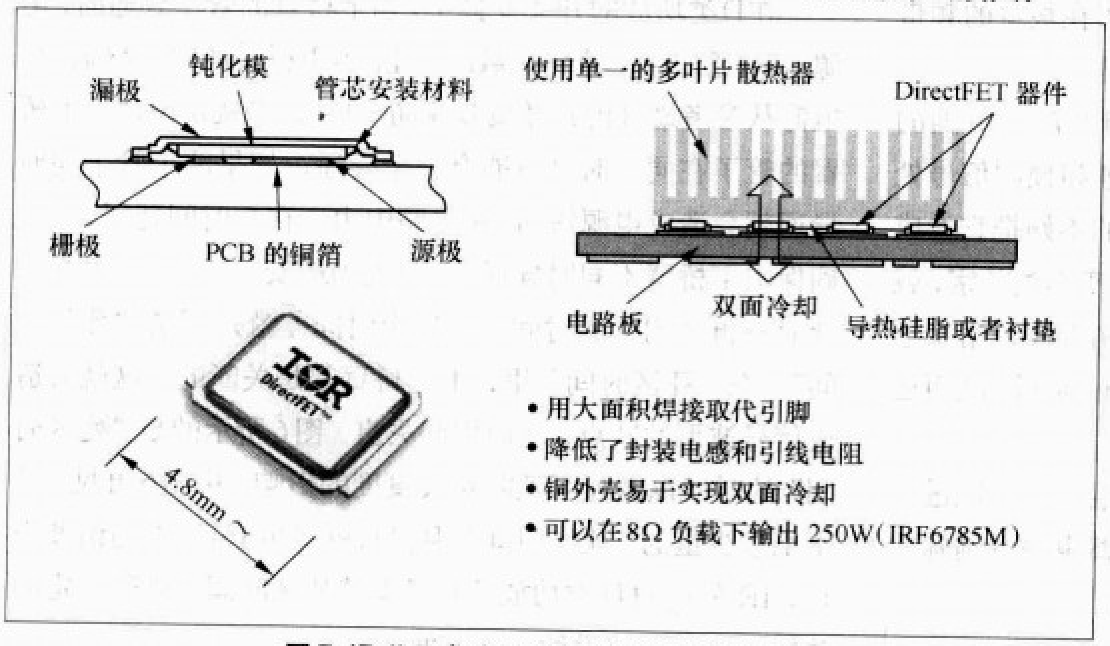


图7 IR公司专为D类功放开发的场效应管

4. 开关转换功率器件的影响

D类功放设计考虑的角度与AB类功放完全不同。此时功放管的线性已没有太大的意义，更重要的是功率器件的开关响应和饱和压降。由于功放管处理的脉冲频率是音频信号的几十倍，且要求保持良好的脉冲前后沿，所以管子的开关响应要好，这样才能减小开启的延时和关断的延时。因此，整机效率的提高在于尽量降低管子饱和压降、总栅极电荷量、关断时间以及输出电容等所引起的综合管耗。饱和管压降小不仅使效率提高，而且功放管的散热结构也能得到简化。由于“死区时间”里功率场效应管内部寄生二极管的续流作用，也会造成EMI的干扰，因此必须尽量选择新型的、专门为D类功放设计的功率器件。图7所示的是IR公司专为D类功放开发的新型DirectFET功率场效应管，由于没有引脚，使得分布电感和引脚电阻都大为降低。

5. 输出低通滤波器的影响

无源滤波器位于驱动输出与负载（扬声器）之间，工作在很大的开关电流下，其电感所用的磁性材料必须选择高频抗饱和的材料，否则容易进入饱和区，使得滤波器的参数严重劣化。滤波器的电容也要选择高频损耗好、抗瞬间大电流的薄膜电容。另外，由于不同的音箱单元的阻抗都不尽相同，因此，设计滤波器时也要把这些变化因素考虑进去，才能保证D类功放在所需要的频率范围内稳定工作。

6. PCB 排版设计

D类功放由于要处理频率高、边沿速度快的脉冲信号，所以PCB板的分布参数对整机的影响非常大。一个良好合理的设计能大大提高工作效率、提高电路的稳定性、降低EMI干扰。因此，PCB的设计比普通的A、AB类功放的设计要苛刻得多，很多地方必须按照高频电路的要求来考虑布局和布线。在这里，无引脚的贴片器件是首选，甚至连功率管也要考虑采用无引脚的封装（例如前述的Direct FET功率场效应管）。

实战D类功放

文/杨宇全

笔者是一个电子爱好者，对自制D类功率放大器深感兴趣，曾经制作过数瓦到数百瓦的几款D类功放。应《无线电》杂志之约特选两款D类功率放大器进行制作。

一、TAA2008 9W+9W T9 AMP 功放

这是一款体积为106mm × 65mm × 26mm、重量只有130g的D类功放（外形见图1）。该功放采用美国Tripath公司的TAA2008 T-AMP芯片。该芯片采用高度节省空间的（8mm × 8mm × 1mm）32引脚的QFN封装，集成了D类功放的前置放大、脉冲调制以及功率驱动和功率场效应管，不需要外加散热器就可以做到9W+9W（RMS)的输出功率。Tripath公司采用一种称作“Digital Power Processing)（DPP)”的数字功率处理技术，其特点是调制的载波频率不是固定不变的，而是随着信号的变化并同时改变脉冲宽度。据说这样可以使得EMI变得容易处理。本机是BTL输出架构，便于采用单一电源供电。

图1 T9的外形图

设计的功放电路如图2所示，为避免重复，仅分析一个声道：来自RCA插座的输入信号通过C15滤除高频干扰，经C14耦合再经R4送到芯片的输入端30脚，由芯片内部前级放大及信号处理后，一路通过29脚输出，负反馈电阻

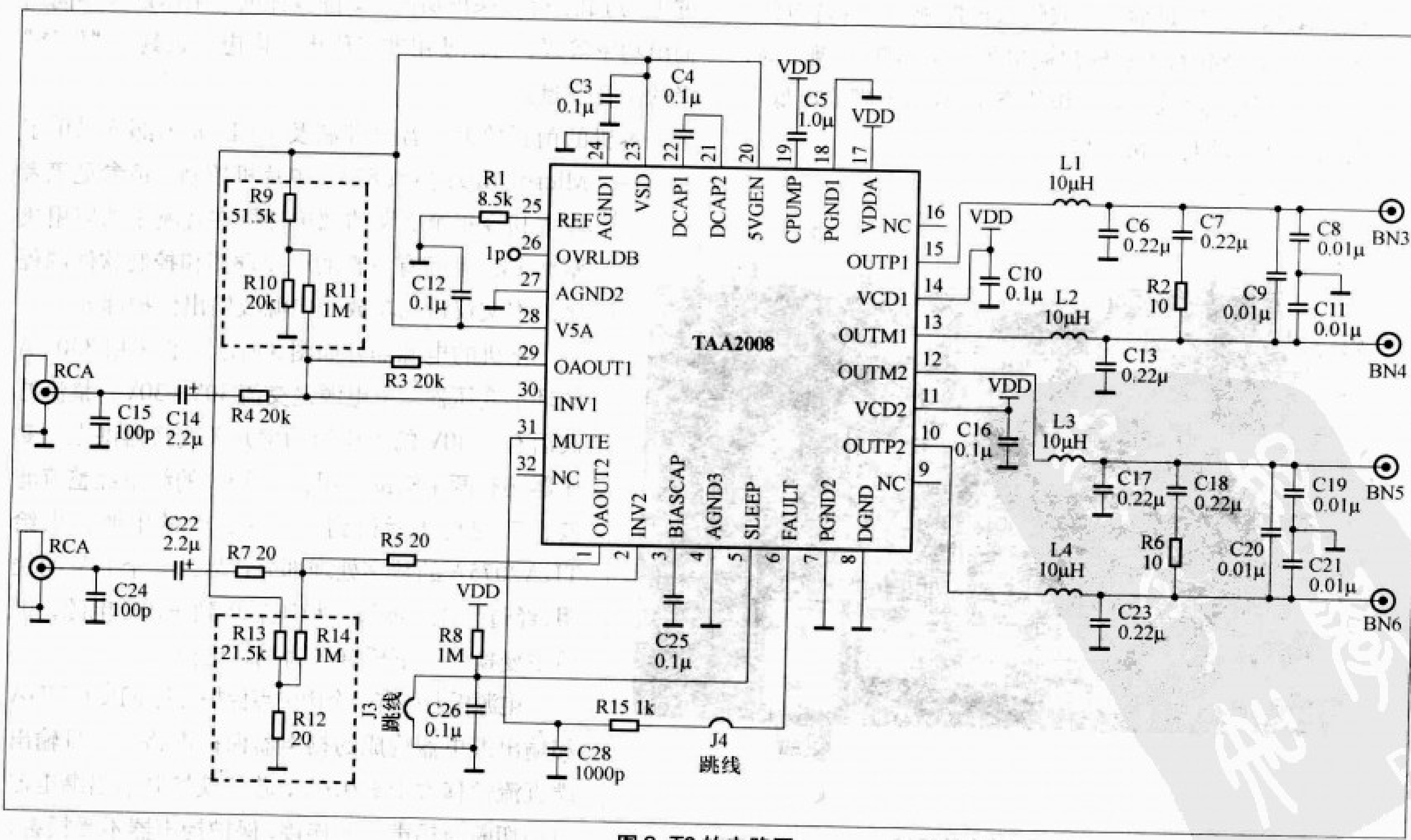


图2 T9的电路图

R3取负反馈到输入端，R3/R4之比值决定了整机的放大增益：$Av=12\times R3/R4$，R3=R4=20kΩ，所以本机的增益为12倍。

R9、R10组成的分压电路用来校准输出端的直流偏差，当采用如图2所示的阻值时，中点直流偏差可以控制在±10mV以内。输入信号在芯片内部完成了调制、驱动、功率开关转换后，分别以BTL方式从15脚、13脚输出，经L1、L2、C6、C13组成的低通滤波器滤除了高频分量后还原出音频信号。C7、R2 组成阻抗校正的Zobel滤波器，用来提高电路的稳定性。C8、C9和C11进一步滤除了高频分量。由于输出功率不大，对输出低通滤波器电感的磁性材料要求不是太苛刻，本机选用了成品10μH小型瓷罐型电感。

过温保护：芯片内部包含了有45℃范围控制回差的温度传感电路：当芯片温度超过155℃时，进入保护状态，6脚输出高电平。当温度回落到110℃时，解除过温保护，6脚输出低电平。

过载保护：当芯片检测到输入超过调制范围时，则在26脚输出一个逻辑低电平，经外加的晶体管驱动后，用来点亮LED过载指示灯（本机未用）。

过流保护：当芯片检测到任何一个输出脚的输出电流超过7A时，进入过载保护，即6脚输出高电平。

本机有两个跳针开关，当J3开路时，5脚被R8拉高，芯片正常工作；当J3对地短路时，5脚拉低，芯片进入低功耗的休眠状态。J4是静音/故障保护控制：当芯片过热、过载或者输出短路时，6脚输出高电平，同时将31脚拉高，芯片处于静音闲置状态。当工作状态正常时，6脚输出低电平，静音解除，芯片正常工作。

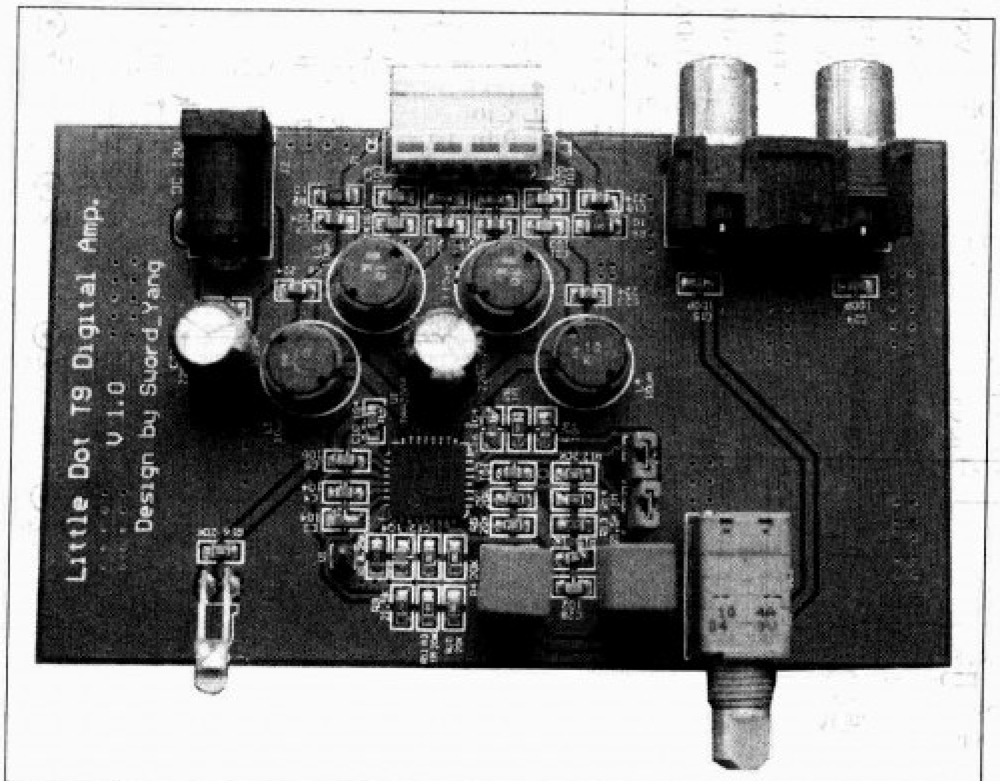


图3 T9的电路板图

为了使结构紧凑，输出采用了小型四芯插座。整机全部安装在一块电路板上，然后装入一个铝合金外壳里。由于芯片是采用QFN封装，对焊接有一定的工艺要求，可以使用较细的低熔点焊锡丝从各个方向焊接，焊接完成后要仔细检查有无虚焊、短路。在中点设置电路上采用了精度为1%的固定电阻，本机无需任何调试就可以稳定工作。完成后的电路板如图3 所示。在本期光盘中有本机的PCB的PROTEL99格式的制作文件（T9PCB文件），供有兴趣制作的读者参考。

二、TDA2075A驱动的150W+150W T-150 AMP功放

这款功放的外形如图4 所示，它的主芯片采用了

图4 T150的外形图

Tripath公司的TDA2075A ，该芯片包含了T-AMP调制和驱动部分，加上外部场效应管就可以构成一个完整的D类功放。该芯片采用48管脚LQFP封装，具有完善的过流、过压、过载、过温保护功能；支持多种供电电压以及不同的输出功率等级，可以使用非稳压电源供电并且具有“发烧”级的声音质量。

本机的前置放大、音量控制及VFD显示部分采用了MicroChip的16F873A单片机控制，请参见笔者在本刊今年第2期的《单片机在音响中的应用集萃》一文，上面有完整的电原理图和控制软件源程序。本文仅讨论功放、电源及输出保护部分。

本机的电源部分如图5所示，它采用350VA的环形变压器，主电源是交流30V+30V，整流滤波后有±40V的电压给功率开关变换器供电。变压器还有两个辅助绕组：一个9V的绕组经整流滤波、三端稳压后得到一个+5V的电源，供给TDA2075A的数字处理部分；另外一个13V的绕组，经过整流、滤波、稳压后得到+10V电源，供给主变换器的下桥臂作为偏置电压用。

电源板上还有一个由中点保护芯片μPC1237HA和输出继电器构成的扬声器保护电路，一旦输出端直流偏移大于±0.6V，芯片就控制输出继电器自动切断与扬声器的连接，保护扬声器不受损害。

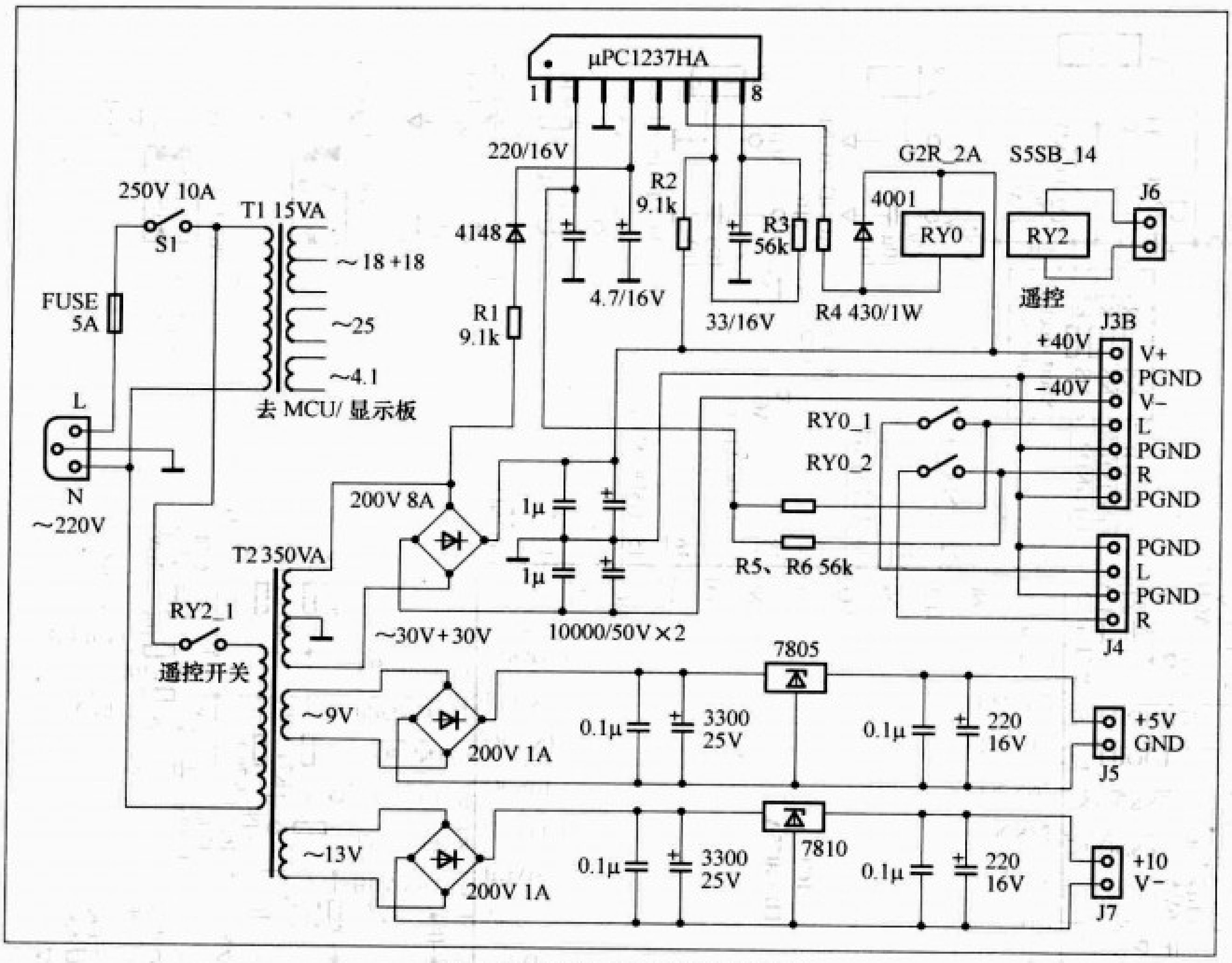


图5 T150电源/输出保护电路图

本机的功放板包含了调制、驱动芯片TDA2075A、4个带散热器的功率场效应管以及输出低通滤波器。为了减小分布参数，使得布线紧凑，采用了双面贴装工艺。下面以一个声道为例来说明一下电路的工作原理，请参见图6和图7。

输入信号IN1通过耦合电容C27、串联电阻R57输入到TDA2075A的46脚（INV1输入端）。芯片的45脚是前级放大的反馈输出，通过R56和R57的分压反馈回46脚，R56/R57的比值决定了功放的增益。电位器R51用来修正输出的中点电平偏移。调制后的方波一路通过15脚输出，经C20耦合去驱动N沟道功率场效应管VT11（上桥臂）；相反相位的另一路通过17脚输出，经C24耦合后送去驱动P沟道功率场效应管VT12（下桥臂）。栅极电阻R19、R21用来控制MOSFET的开关上升/下降时间和最大限度地减少过压冲击。它们自身也消耗部分的驱动功率。如果栅极电阻过小，会使TDA2075A的功耗过大而发热 。另一方面，过大的栅极电阻将使得开关过渡变慢，导致较长的上升、下降时间，所以栅极电阻要根据输出功率管的参数来选定。

旁路电容器C14、C17对于减小输出场效应管的振铃是至关重要的。这些电容在电路板布局中一定要放在尽可能靠近功率场效应管的地方。同样，输出二极管VD14、VD15用来吸收由电感产生的超出V_{dd}/V_{nn}的反向电压，它们的安装位置也要尽可能地靠近MOS管。输出脉冲信号通过R66、C34积分，送回主芯片的12脚（反馈输入端），输出参考地也通过R67送回11脚，改变C34的值，就可以微调主调制频率。

输出低通滤波器由L2、C13构成，用来滤除调制波的谐波分量，恢复出音频信号。T类调制器的优点之一是可以使用较高的滤波截止频率，从而能简化设计和降低成本。由于输出功率比较大，滤波电感的磁芯材料必须选择抗饱和的低μ材料，容易饱和的磁芯材料将会导致失真度上升以及效率下降。为此，Tripath特别推荐了Micromatals公司的“TYPE 2”磁芯，本机采用外径20mm、内径8mm的磁芯，用1.0mm漆包线绕43匝，电感量为18μH。R23、C15组成阻抗校正的Zobel滤波器，它可以降低输出网络的Q值，使得功放在负载短时间断开的情况下也能稳定工作。

静音控制：S1是一个静音控制开关，它连接到主芯片的47脚（静音MUTE），同时连接到30脚（自动故障控制FAULT）上。当开关位于非静音的位置（S1位于“2”），刚开始上电时30脚维持在高电平，这时处于自动静音状态。当供电稳定后，30脚电平拉低，静音取消，放大器正常工作。当静音开关位于静音（S1位于“1”）位置时，就无条件地进入静音状态。

过压保护：供电电压V_{pp}/V_{nn}通过R25、R28、R40和R41分压，分别连接到主芯片的40脚和38脚上，形成一个具有保护上限和下限的比较“窗口”，当电源电压超过设定值时，电路就自动保护。改变电阻的分压比就可以改变过压保护的“窗口”值。

过流保护：由低通滤波输出端的分流电阻R35采样，送到主芯片的9脚和10脚上，一旦输出电流超越设定值，电路就自动保护。改变R35的阻值就可以改变电流保护的起始点。

故障关闭：主芯片的8脚是用来控制功率场效应管关闭的，当主芯片检测到故障时，这个引脚输出高电平，经过后面的晶体管进行电平转换后，把功率场效应管的栅极关闭。

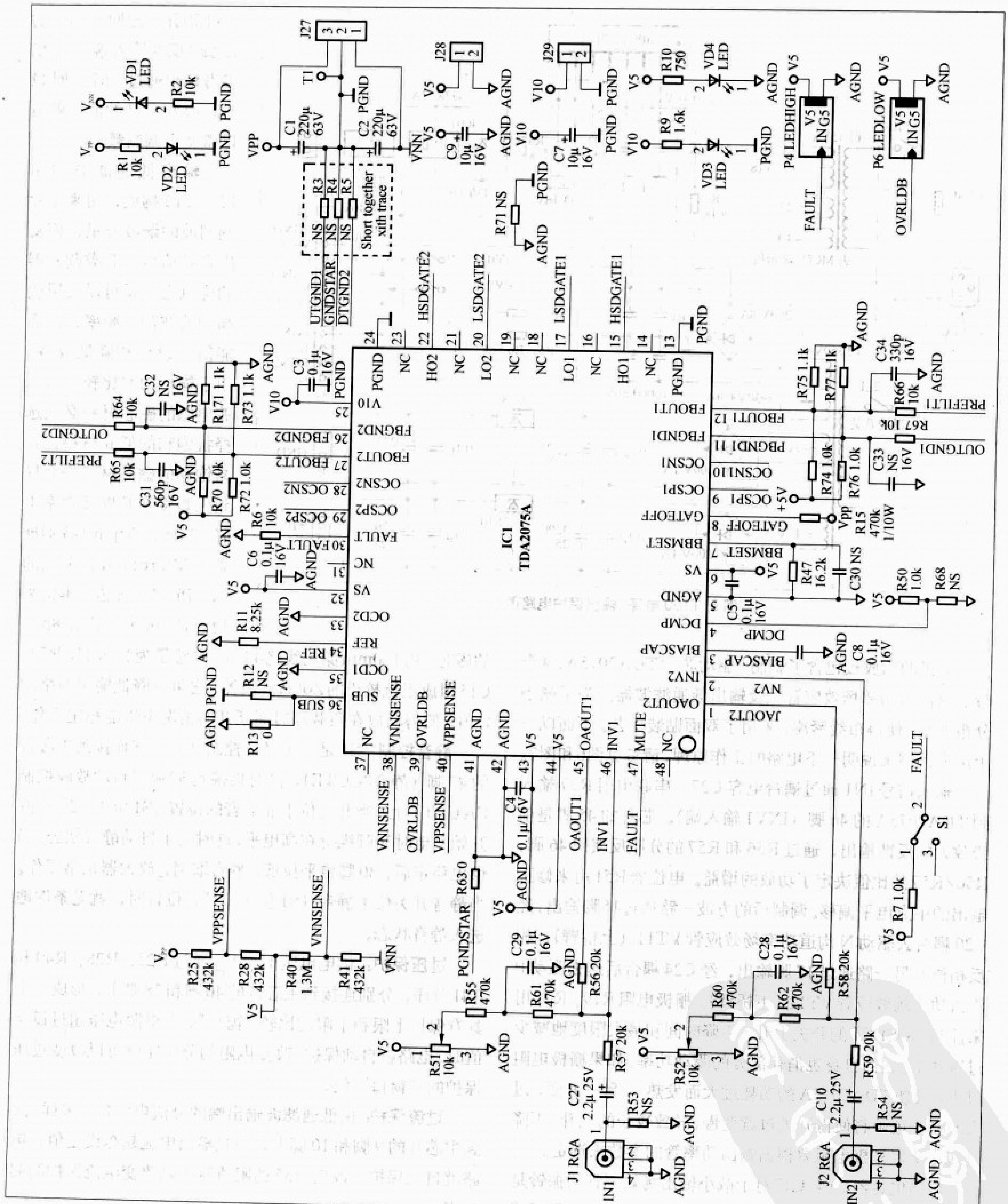


图 6 T150 功放原理图

此时主芯片的30脚会输出高电平，经过一个N沟道的场效应管(VT6)驱动去点亮故障指示灯LED。

过载指示：当输入模拟信号过大，引起过载时，主芯片的39脚会输出一个低电平，经过一个P沟道的场效应管

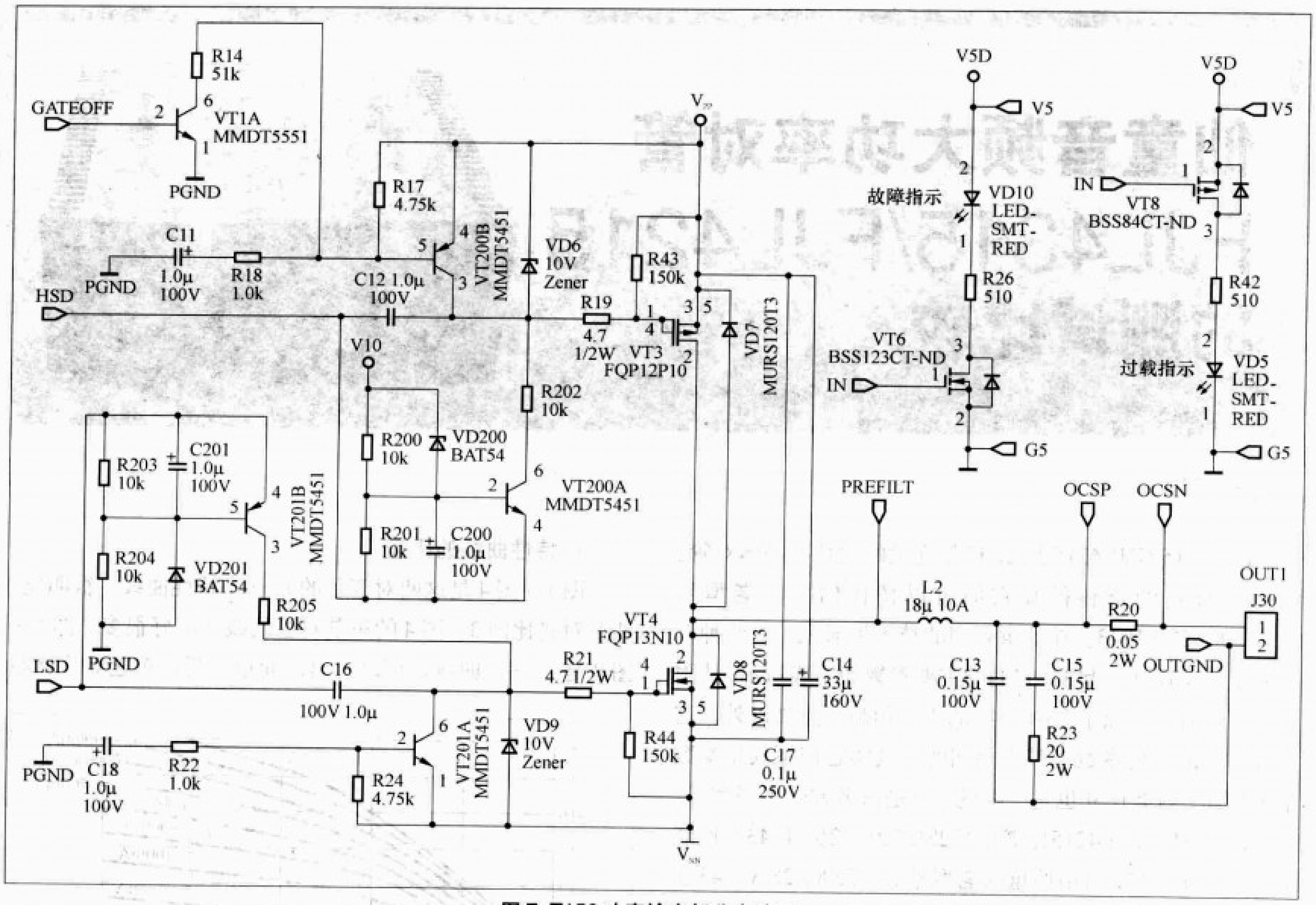


图7 T150功率输出部分电路图

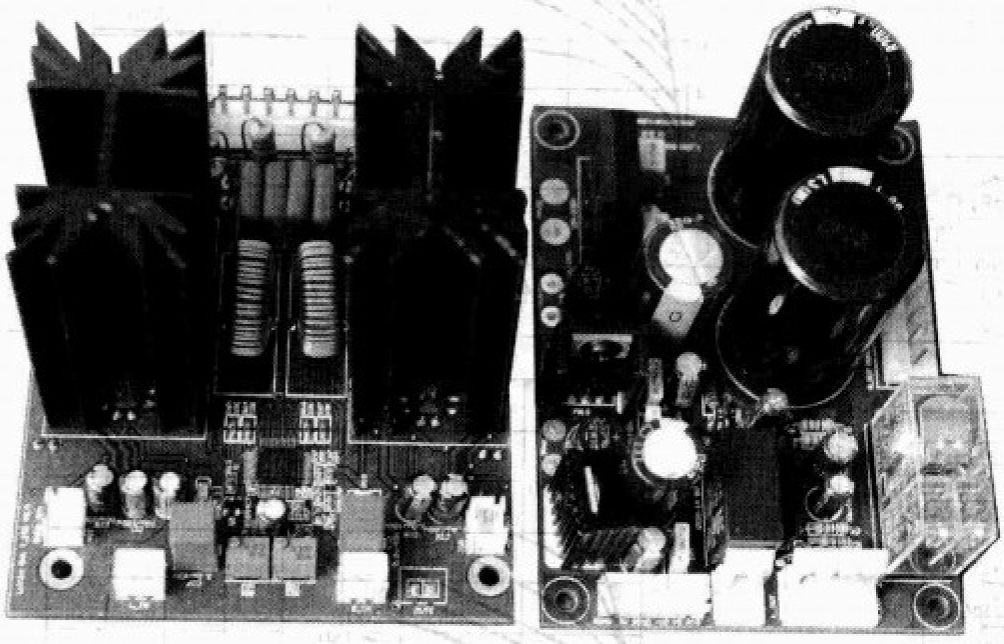


图8 T150电路板实物图

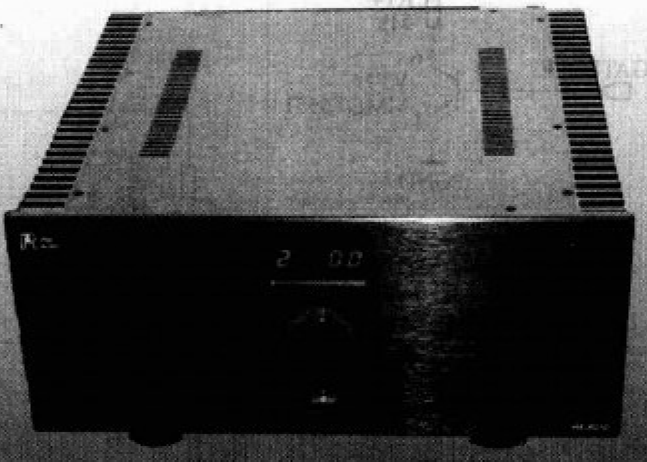
(VT8)驱动去点亮过载指示灯LED。

值得注意的是：从输出滤波前反馈回来的滤除高频分量的电容C34(330pF)和另外一个声道的同一位置的电容C31(560pF)容量是不同的，这样做的目的是使得调制波在两个声道间有40kHz频率差，这样有助于降低相互干扰。

R66、R67、C34在安装上要尽可能靠近主芯片的引脚，后级反馈的参考地也必须从低通滤波和Zobel滤波器的星形节点的接地处引回，而不能随便接地，以减小输出噪声，而且这些后级反馈电路在布线上要远离芯片的模拟输入端INV1、INV2。输入反馈电阻R56、R57也要近可能靠近主芯片的输入引脚。横跨在V_{pp}/V_{nn}两端的旁路电容C25、C26要选择耐压足够，高频性能好的电容器。

由于本机的开关调制频率高达100kHz~1MHz，而且输出场效应管是在±40V的V_{pp}到V_{nn}之间做大电流的摆动，负载电感、杂散电感会使功率管承受高于供电电压的电压浪涌。为了避免过高的电压应力破坏输出场效应功率管，合理的PCB布局是十分重要的。不恰当的布局，会增加电路中的杂散电感和分布电容，使得方波的振铃加剧，上升、下降沿迟缓。可以说：在电路已经确定的前提下，PCB的设计往往是一个D类功放设计成败的关键。T-150功放的电路板实物图请参见图8。

仙童音频大功率对管 FJL4315/FJL4215 的测试比较



文 / 陆晓屏

FJL4315/FJL4215 是 2007 年问世的大功率晶体对管。从网上查到的资料得知它们可以替代仙童的老型号 2SC5200/2SA1943。在仙童公司的技术手册上，这两种对管的型号是连在一起的，它们的主要参数如附表所示。从附表中可以看出，除了 2SA1943 的 U_{ces} 稍微有点高以外，这两种对管的主要参数是基本相同的。其实它们不仅是参数基本相同，封装尺寸也是一样的，只是命名方式不同罢了。当然FJL4315/FJL4215比老型号2SC5200/2SA1943在性能上肯定有所改进。目前仙童的老型号2SC5200/2SA1943在市面上不好找到，但是还能见到大量的东芝的产品，我自己就有很多对这种东芝对管。在此我将FJL4315/FJL4215与东芝的管子进行如下的比较。

附表　两对功率管的主要参数

型号	BU_{CEO} (V)	I_c (A)	I_b (A)	P_d (W)	U_{ces} (V)	h_{fe}	f_t (MHz)	C_{ob} (pF)	封装形式
2SC5200	230	15	1.5	150	0.4～3	55～160	30	200	TO-3PBL
2SA1943	-230	-15	-1.5	150	-1.5～-3	55～160	30	360	TO-3PBL
FJL4315	230	15	1.5	150	0.4～3	55～160	30	200	TO-264
FJL4215	-230	-15	-1.5	150	-0.4～-3	55～160	30	360	TO-264

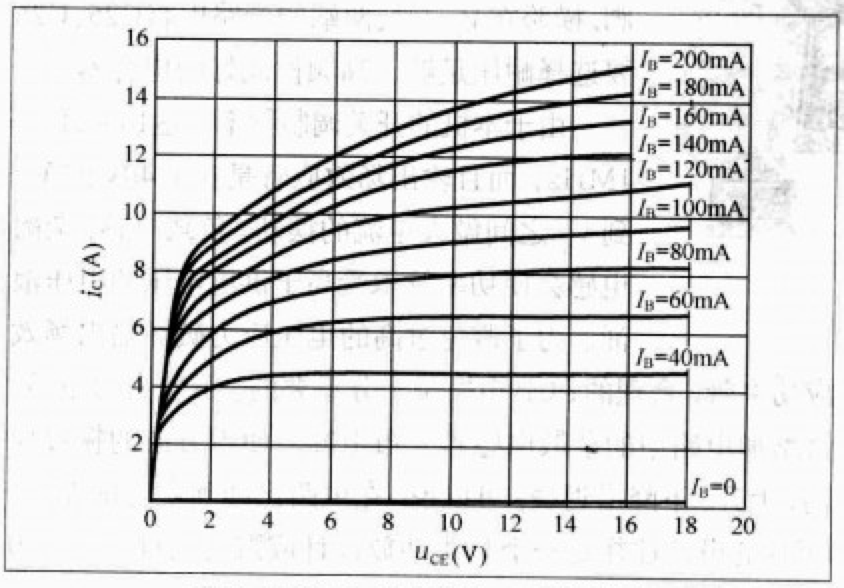


图 1　仙童 FJL4315 的 i_C-u_{CE} 特性曲线

1. 特性曲线的比较

图 1～图 4 是这两对管子的 i_C-u_{CE} 特性曲线，很明显，仙童对管比图 3、图 4 的东芝对管的线性度好很多。图 5～图 8 是 h_{FE}-i_C 曲线，可以看出，仙童对管比东芝对管增益

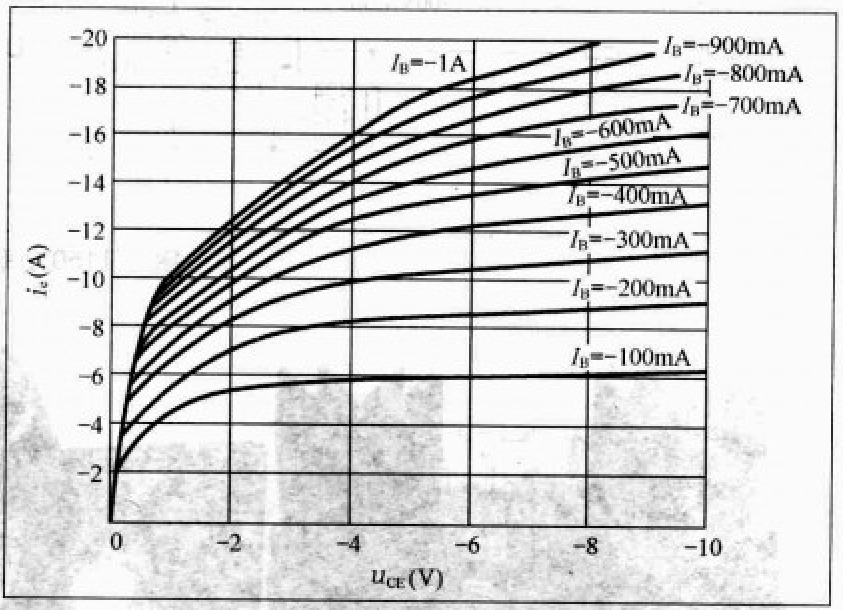


图 2　仙童 FJL4215 的 i_C-u_{CE} 特性曲线

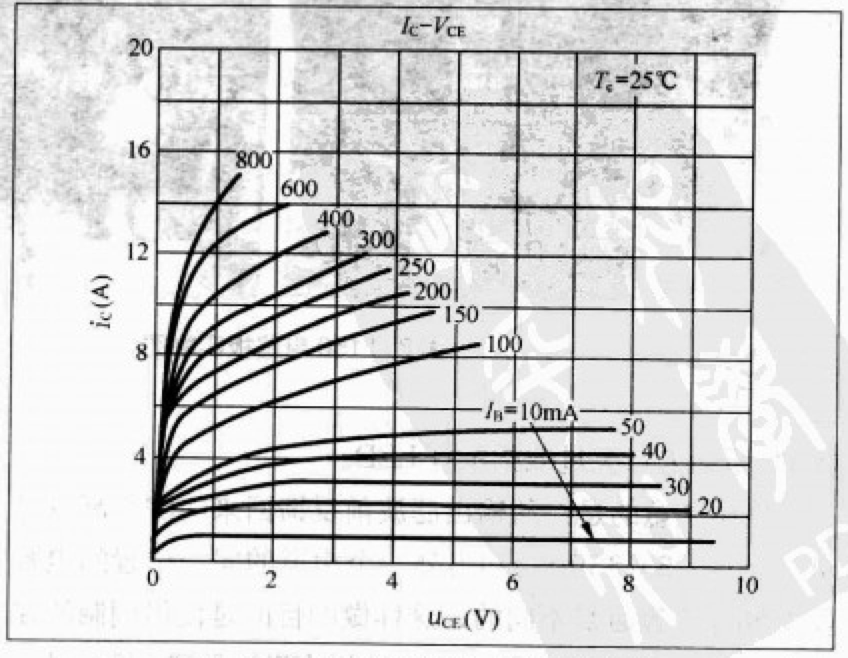


图 3　东芝 2SC5200 的 i_C-u_{CE} 特性曲线

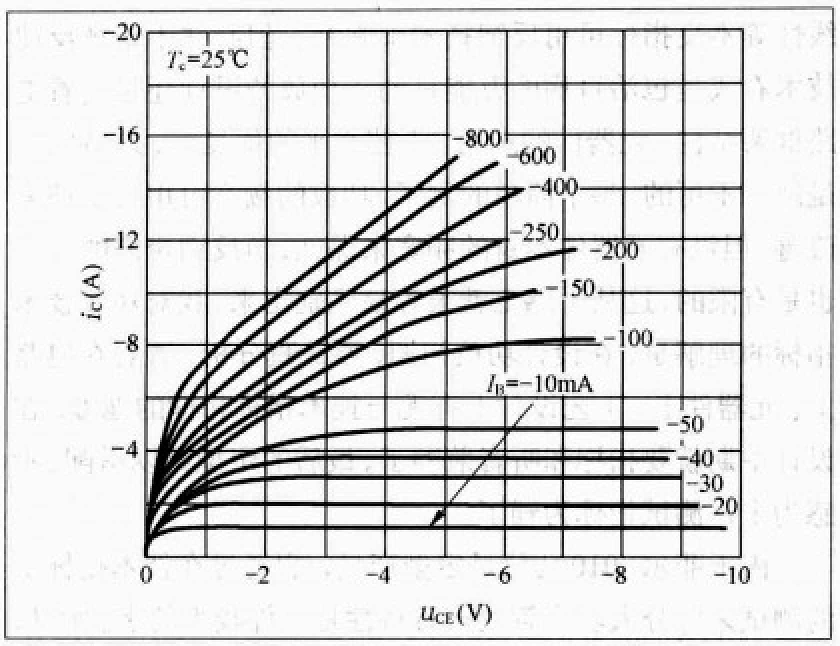


图4 东芝2SA1943的i_C-u_{CE}特性曲线

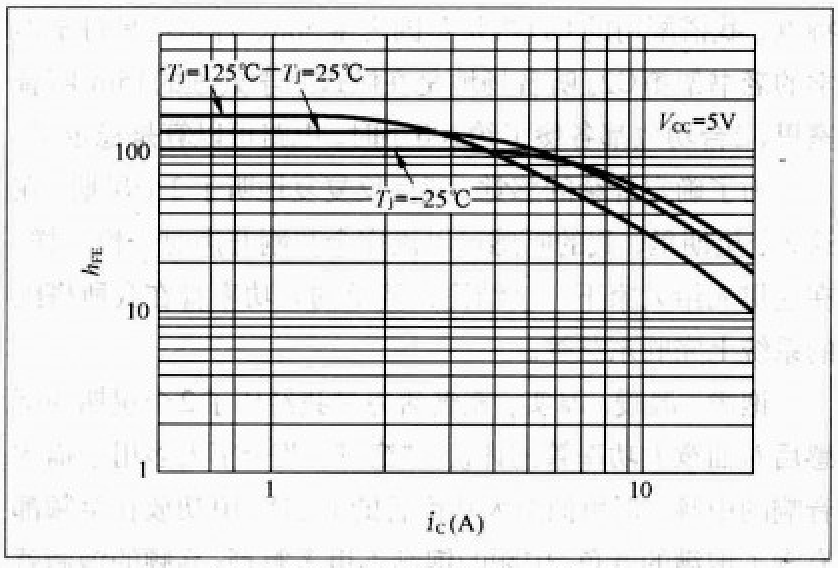


图5 仙童FJL4315的h_{FE}-i_C曲线

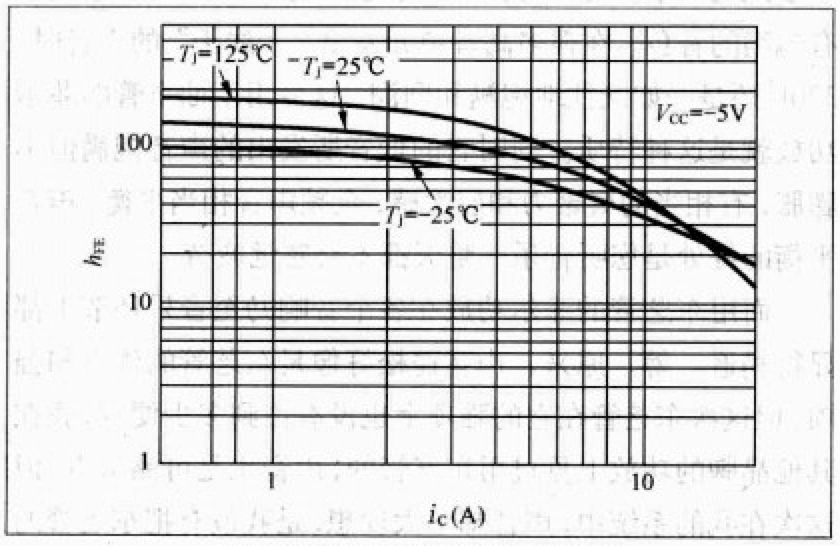


图6 仙童FJL4215的h_{FE}-i_C曲线

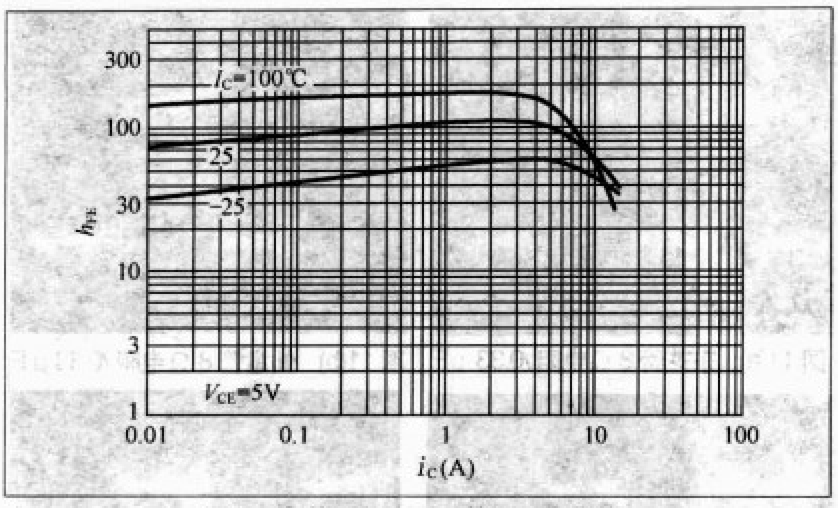


图7 东芝2SC5200的h_{FE}-i_C曲线

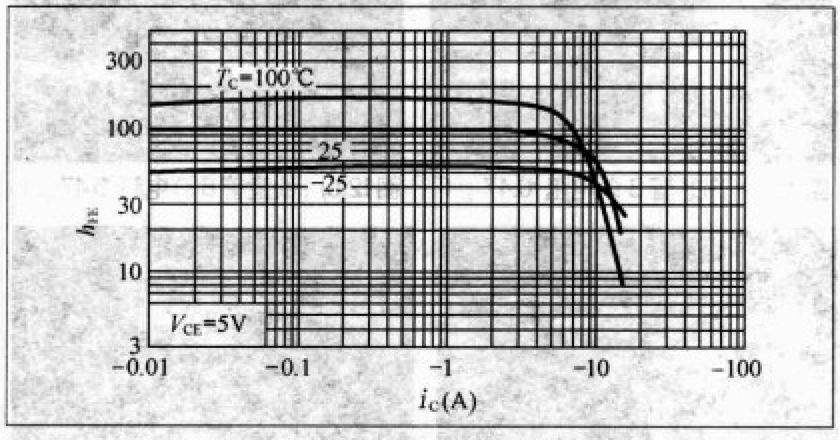


图8 东芝2SA1943的h_{FE}-i_C曲线

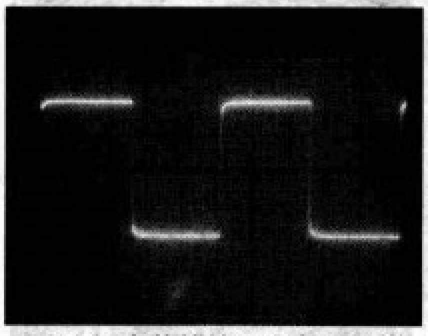


图9(a) 东芝管纯8Ω电阻负载

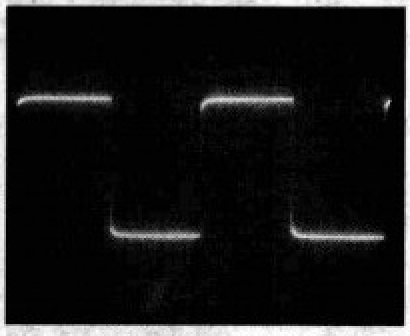


图9(b) 仙童管纯8Ω电阻负载

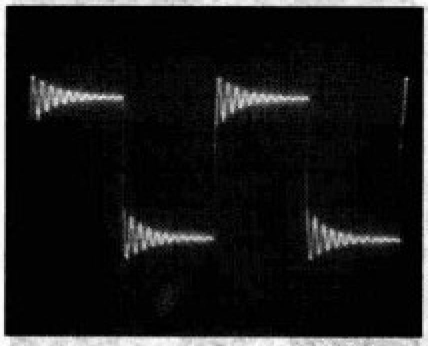


图10(a) 东芝管8Ω电阻/0.22μF

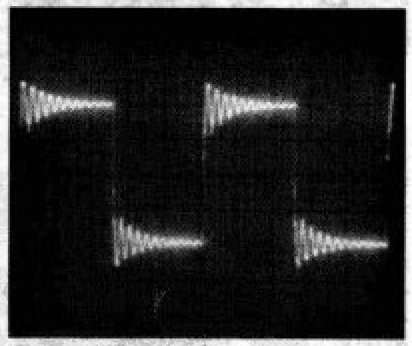
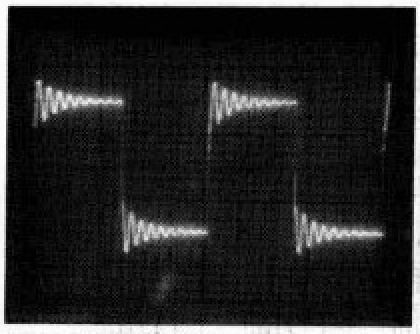


图10(b) 仙童管8Ω电阻/0.22μF

线性度要稍好些。

2.在功放机上实测比较

我用菲尔8010合并机作为试验机，焊了两台，分别用仙童和东芝的大功率管。每台各用上了8对，每声道各用4对，以满足8010功放100W/8Ω、200W/4Ω的功率翻倍要求。接上8Ω纯电阻负载，用信号发生器输入正弦波信号，用示波器在不同频率查看它们的波形有何不同。经过反复对比、测试，很遗憾，我没看出有何不同。于是又输入方波信号，并且再在负载电阻上并联不同容量的电容，来检测它们的驱动能力。具体步骤是用10kHz方波信号(同样的频率和幅度）分别加在两台功放上，逐渐加大负载并联电容的容量，图9～图15是两台功放输出波形的照片。大家可对比，看看有无太大的区别，我看好像区别不是太大。后来仔细想想，也可能是菲尔的功放8010的反馈点设在末



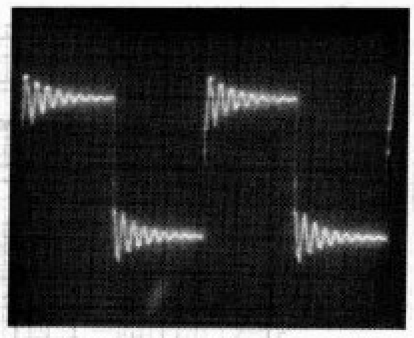
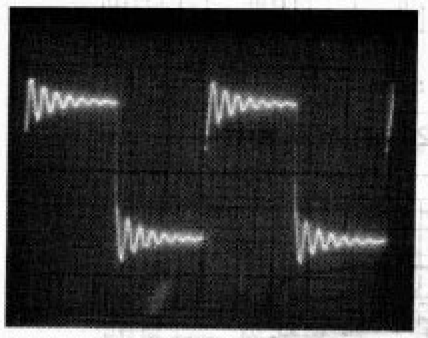


图 11(a) 东芝管 8 Ω电阻 /0.33 μF　图 11(b) 仙童管 8 Ω电阻 /0.33 μF



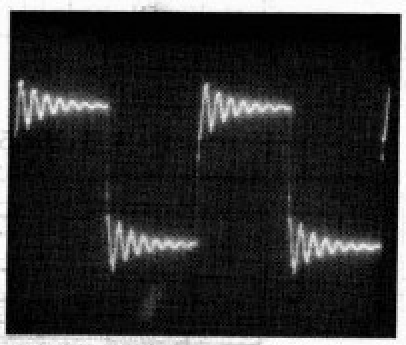
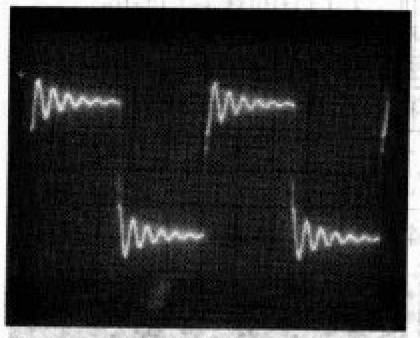


图 12(a) 东芝管 8 Ω电阻 /0.47 μF　图12(b) 仙童管 8 Ω电阻 /0.47 μF



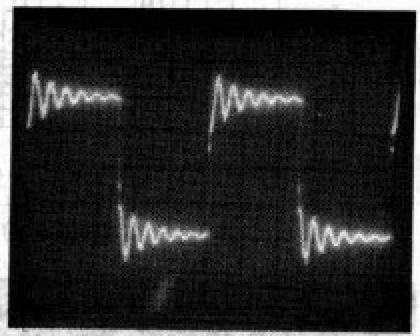
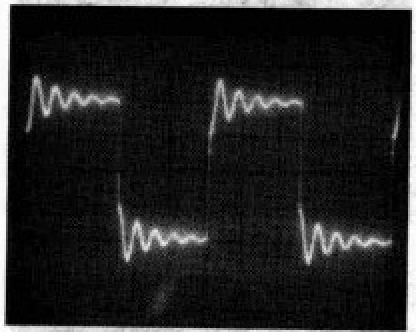


图 13(a) 东芝管 8 Ω电阻 /0.68 μF　图13(b) 仙童管 8 Ω电阻 /0.68 μF



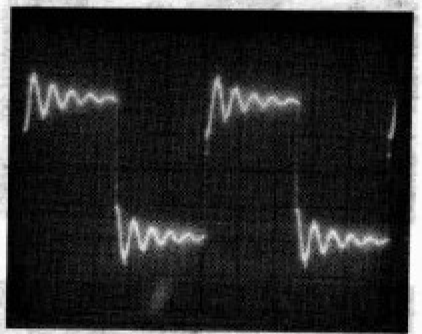
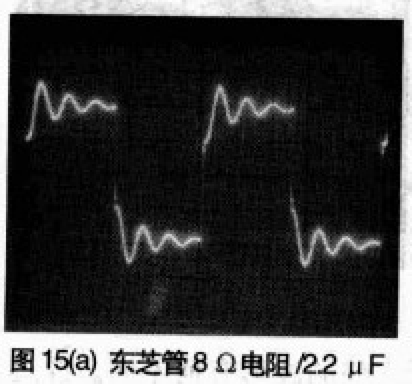


图 14(a) 东芝管 8 Ω电阻 /1 μF　图 14(b) 仙童管 8 Ω电阻 /1 μF



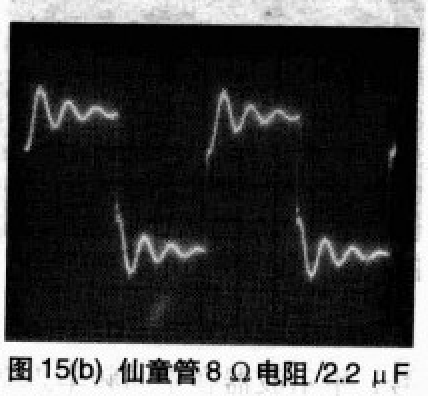


图 15(a) 东芝管 8 Ω电阻 /2.2 μF　图 15(b) 仙童管 8 Ω电阻 /2.2 μF

级电流放大级。由于负反馈的作用，使功率管本身特性中的非线性差别在输出波形中反应得不明显。如果反馈点在电压放大级就有可能在示波器上看出这两种大功率管的信号输出特性的差别了，有兴趣的朋友可以用不同的电路形式试试。

负反馈技术在功放电路中有着重要的作用，器件的非线性等不良指标可用反馈技术来弥补，但我并不是把反馈技术看成是包治百病的万能良药，功放的设计还是要看电路框架结构、元器件的选用、工艺水平的优良等，这些因素是缺一不可的。举个简单的例子，功放的频宽可用负反馈来改善，但没有元器件本身的频宽来保证，负反馈带来的改善也是有限的，这从听感上就很容易区别出来。我对功放技术指标的理解是，在设计功放初期，要认真分析，看看在电路上、元器件上、工艺设计上有无与技术指标相悖的地方。在设计中期就要指标和听音兼顾了。最后的定型则以搭配、听感为主，测试指标为辅了。

由于菲尔 8010 功放是定型产品，想通过在技术指标上的测试来区分大功率管的声音特性是一件较难的事。所以，我还是用我熟悉的方法，从听感上来辨别这两对功率管的特点。我搭配用的 CD 机是英国之宝 588。音箱还是丹拿声学的老书架箱C2。听音场地是在做过声学处理的15m²听音室里，2台功放都各煲了约100小时。电路可以算是稳定了。

为了确定耳朵的感觉，我反反复复地听了2个星期。在这2个星期里，我的听感可以说完全和刚开声时一模一样。在这里先给大家下一个结论：仙童的大功率管在我所搭配的系统上完胜东芝管。

饱满、温暖、厚实、充满活力是我经历了2个星期的听感后对仙童大功率管的评价。“饱满”两个字大多用于描述音响的中频，但用仙童大功率管的菲尔 8010 功放在全频都充满了饱满的音色。中频的饱满不用多解释，高频的饱满就要多说几句了。我一直喜欢丹拿老的高音王 333D，它就具有饱满的音色。在很多高音单元发出“一线天”的声音时，330D 还是一如既往地饱满和圆润，这台用了仙童管的菲尔功放就是这种特质。同时它的低音所发出的声音饱满但不膨胀，有相当的凝聚力和层次感，全频声音相当平衡。声音平衡的好处是您听音乐一整天都不会感觉疲劳。

而用东芝管的菲尔功放在各个音响乃至音乐环节上都显得稍逊一筹。原来，声音蓬松好像是东芝管的优点和强项，但这次东芝管在它的强项上也没有占到多少便宜。我在其他品牌的功放上见过用东芝管的，声音也是可圈可点，但这次在我的系统中，声音却不太理想。是我没有把东芝管的参数运用好？还是东芝管不太适合菲尔功放的电路性能？我没有继续实验下去，结论也就不得而知了。我要再次强调，这次的听感有一定的局限性，就是没有改动菲尔功放的参数和结构来迎合不同的功率管，以至于造成了这种一边倒的听感结果。真心希望会动手的朋友们能针对东芝功率管开发出一款优秀的功放产品，以了却我这次对东芝管评价的愧疚。

新型编码解码芯片 WM8903

文/资料室

欧胜微电子近日宣布推出WM8903编码解码器芯片，这是该公司下一代超低功耗音频器件系列的首发产品。WM8903专为显著延长有音频功能的便携设备的回放时间而设计，这些设备如便携式媒体播放器、多媒体手机和手持游戏系统等，能够把音频回放时间延长高达40个小时。

这款超低功耗编码解码器芯片WM8903在超薄、低小的外形封装中，提供了高性能的音频指标和极低的功耗，以满足今天多媒体便携设备的严格要求。WM8903使设计师们能够推进产品设计的水平，并开发出引人注目的、高度差异化的终端产品。

WM8903以欧胜全新的SmartDAC技术为特色，这是一种独特的低功率数字/模拟转换器电容开关架构，它使从数字/模拟转换到耳机的功耗只有4.4mW，并包含可通过编程调节“性能与输出功率”曲线的能力，使系统设计者们能去优化每一种使用情况，例如处于连接或移动等不同状态。

WM8903芯片还包含欧胜的W类放大器技术。这项技术是由G/H类技术演进而来，能够智能地追踪实际的音乐信号的变化，并使用一种自适应的电路来优化功耗。WM8903芯片也能够在1.8V的电压下正常工作，具有极高的电源抑制比(PSRR)，WM8903的设计集成度非常高，极大地节省了印制电路板空间和音频子系统的元器件数量。另外还具有多种功能电路，比如改进的低音响应电路，还有开机及转换噪声的抑制电路，在上电和静音/非静音期间，通过钳位将输出保持在接地，耳机放大器输出端不想要的噪声可得到有效抑制。

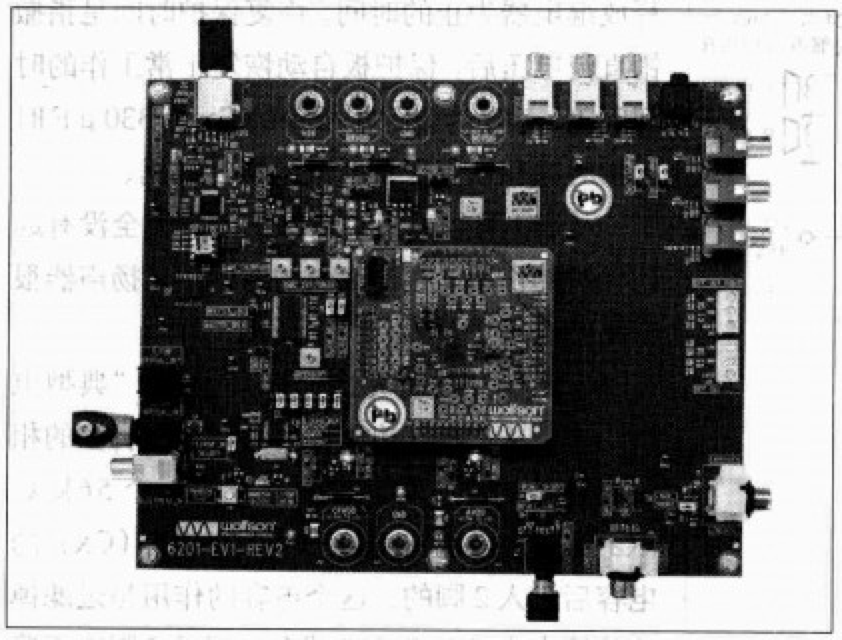


图1 采用WM8903的评估实验板

当处于录音模式时，WM8903采用了先进的动态范围控制器(DRC)，可优化录制的声音质量。欧胜也采用了一个“快速释放”的脉冲噪声过滤器，在响亮的脉冲噪声存在的情况下，可提高录制声音的解析力。这个噪声过滤器能够精确地识别出突然的、不想要的噪声和正在被录制的期望信号实际升高之间的不同。

wolfson microelectronics

WM8903

Ultra Low Power CODEC for Portable Audio Applications

DESCRIPTION

FEATURES

APPLICATIONS

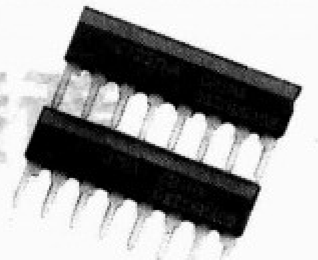
BLOCK DIAGRAM

图2 在欧胜微电子公司的官方网站上可下载详细的技术资料

WM8903芯片提供了分布式超低功率音频子系统的核心部分。其内在的灵活性，使系统设计师们可通过一个集成的数字话筒接口来选择使用最新的数字输出话筒，比如欧胜的True Mics技术。这是由为立体话筒录音的6个高度化可配置的模拟输入，以及连接着的各种模拟音频源来实现的。额外的音频输出也允许与高效的D类扬声器放大器之间实现无缝连接，比如欧胜的WM9001(已于今年早些时候推出)，这种连接可用于需要扬声器播放的便携式电子产品中。

关于WM8903的详细技术资料，可以在欧胜微电子公司的官方网站上下载www.wolfsonmicro.cn。

关于μPC1237保护电路的疑问



文/沙 迦

对于一块刚接触的集成电路，如果想要尽快了解它的工作参数和性能，最好的方法就是到该IC的公司网站去查询其相关PDF资料，根据PDF文档的介绍，我们可以尽快掌握这个IC的性能。我一直比较相信PDF上面的推荐电路，多次应用也从来没发生过问题，但这次对μPC1237却是碰到了例外。

事情起源在于我在网上购买的几套μPC1237的音响功放保护电路成品。功放保护电路买来后，我习惯按照保护板推荐的供电电压给保护电路通电测试，看看工作是否正常。因为保护板自身的故障导致音箱扬声器烧毁的事例也不在少数。测试主要有两个方面：第一，通电后测试继电器延迟吸合时间，基本上在5～10秒都可以接受；第二，模拟功放故障，产生不同的直流电压（如：1.5V、4.0V、9V）看保护电路能否检测到直流成分并控制继电器立即释放。经过这样的测试确认保护电路正常工作后，我才会放心地将它和功放板连在一起。

像往常一样，该μPC1237保护电路成品板是完全按照官方PDF文档上的一个典型电路进行设计的（见图1）。我根据板子的电压要求给它通了18V的交流电（理论工作电压可以在18～38V交流电），5秒后，继电器吸合，然后我用1.5V的电池搭在板子的扬声器输入口上模拟直流漂移电压，1秒、2秒……没反应，难道电池没电了？于是换了一个自己感觉电压充足的锂电池（4.0V），1秒、2秒……还是没反应。正当我充满疑惑的时候，忽然听到继电器“嗒”的一声释放了，再看时间，是12.5秒。这时间也太长了吧，难道是因为电压太低？回想起以前所用过的其他非IC的保护电路板，一般我接入1.5V的干电池后，保护电路都是立即工作并释放继电器，这次到底是哪里出了问题？反复用不同电压测试（4V、10V），发现释放的时间都比较长。

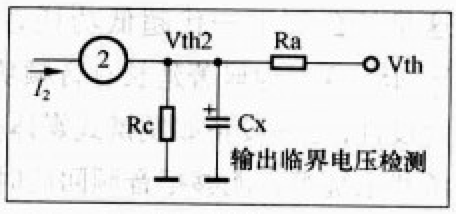


图2

从保护板的设计来看，在排除了IC自身故障后，应该是输出漂移检测脚（2脚）以及外围元件的问题。我做了以下的试验，目的是想要了解2脚外围的3个关键元件Ra（56kΩ）、Rc（没有安装）、Cx（330μF）与保护时间到底有什么关系（见图2）。

测试方法：板子供电电压用交流18V、28V、36V分别接入测试（经过板子半波整流后得到的直流供电电压分别是24V、39V、50V），模拟功放输出直流漂移电压（普通碱性电池1.4V、锂电池4.0V、直流稳压电源10V）。用秒表计时，保护时间是从接驳直流漂移电压开始到保护板工作释放继电器为止的时间。恢复保护时间是指撤销直流电压后，保护板自动恢复正常工作的时间间隔，表1为该保护板中的Cx为330μF时保护时间和恢复保护时间的测试数据。

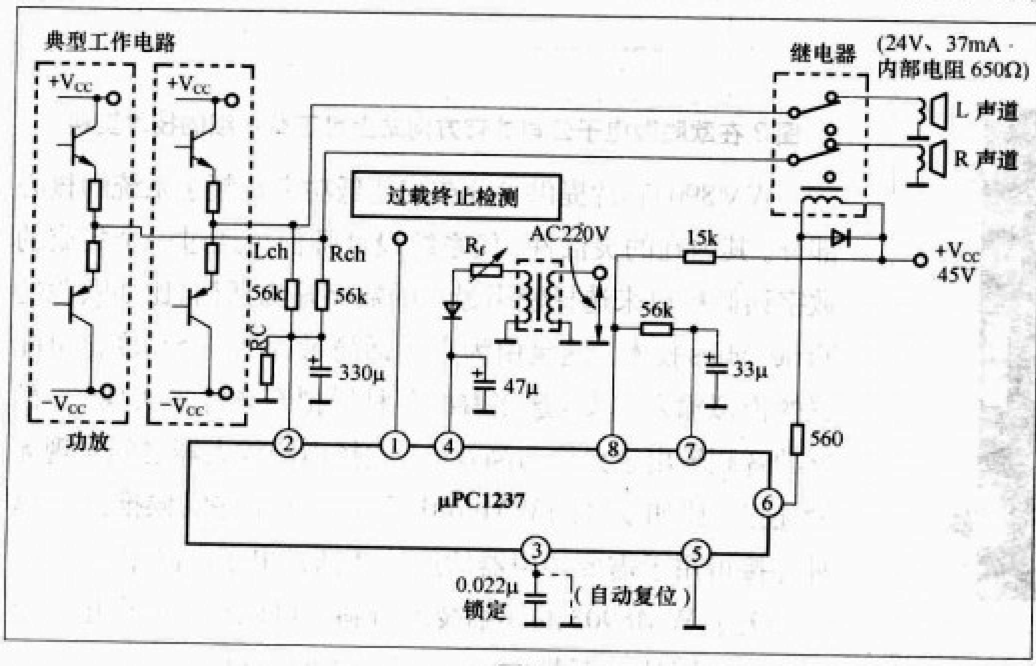


图1

从表1可以看出，该保护电路完全没有起到保护的作用，在这么长的时间中，扬声器很容易就烧毁了。

于是我开始研究这个PDF上的“典型电路”来，从2脚（功放输出漂移检测脚）的相关电路结构看，功放输出是通过一个56kΩ(Ra)的限流电阻对地接一个330μF（Cx）的电容后进入2脚的。这个电容的作用是过滤掉功放输出中的脉动交流成分，保证2脚能正确

表1 Cx=330μF的测试结果

直流漂移电压（V）	1.4			4.0			10		
交流供电电压（V）	18	28	36	18	28	36	18	28	36
保护时间（s）	12.5	10.4	8.8	7.2	5.2	2.4	3	2.2	1.5
恢复保护时间（s）	57			150			60		

表2 Cx=100μF的测试结果

直流漂移电压（V）	1.4			4.0			10		
交流供电电压（V）	18	28	36	18	28	36	18	28	36
保护时间（s）	2.2	1.8	1.4	0.5	0.3	0.1	0.2	<0.1	<0.1
恢复保护时间（s）	4			6			5		

表3 Cx=47μF的测试结果

直流漂移电压（V）	1.4			4.0			10		
交流供电电压（V）	18	28	36	18	28	36	18	28	36
保护时间（s）	1.5	0.8	0.4	1.1	0.6	0.3	<0.1	<0.1	<0.1
恢复保护时间（s）	3			5			4		

表4 Cx=4.7μF的测试结果

直流漂移电压（V）	1.4			4.0			10		
交流供电电压（V）	18	28	36	18	28	36	18	28	36
保护时间（s）	0.4	0.2	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1
恢复保护时间（s）	2			3			1		

检测到功放输出的直流电压从而触发继电器的动作。但一般的功放保护电路中这个电容只有十几或者几十微法，绝对不会超过100μF的，这里为什么用330μF这么大数值的电容呢？

为了弄清这个电容如何影响保护电路的动作时间，我又做了如下试验：工作电压和模拟直流漂移输入电压不变，将这个电容Cx用多个不同容量的电容替换，看看到底有何结果。用100μF替换原有的330μF进行测试，测试数据见表2。用47μF替换原有的330μF进行测试，测试数据见表3。用4.7μF替换原有的330μF进行测试，测试数据见表4。

试验中发现电容越小，触发时间（保护时间和恢复保护时间）就越短，当用到4.7μF时，触发时间基本可以接受了。其实从原理上分析也可以得到这个结论，从μPC1237的PDF文档上可以看出，2脚的检测电压的临界值是+0.7V和−0.76V，也就是当2脚的电压大于0.7V或小于−0.76V时，才会触发继电器动作。如果继电器没有动作，说明触发电压还没有达到该临界值，当然，我们也可以从电容的充电时间公式来计算这个值。

充电时间公式来自电工或数电的教材，即：$Vc=E[1-e^{-(t/RC)}]$，式中的E是一个直流电压源的电压，通过一个开关的闭合，形成一个阶跃信号并通过电阻R对电容C进行充电。电容两端电压Vc随时间的变化规律为指数型。其中$-(t/RC)$是e的指数项。

如果这个公式比较难以理解，那我们可以通过一个简单的公式来计算，电容的充电时间$t\approx 3RC$，其中R为电压源到电容间的电阻，包括串联的电阻以及导线电阻，C是充电电容，我们用R=56kΩ，C=330μF=0.00033F代入公式：$t=3\times 56000\times 0.00033=55.4$秒，那么如果输出直流电压是1.5V，那么上面测量到的12.5秒也是符合这个标准的。因为继电器动作时，这个电容的电压是0.7V，还没到达充满电的状态。当然，如果我们要降低这个t值，只需要减小R或者C。根据μPC1237的参数，2脚的电流最大允许值是3mA，对于一个标准50V供电的功放而言，如果出现故障，那么2脚可能得到的最大直流电压也就是50V，因此，这个电阻R不得小于50/0.003=16.7kΩ。如果我们保持R的阻值不变，为了减小保护时间，就减小C，将C从330μF减小到10μF，那么$t=3\times 56000\times 0.00001=1.68$秒（1.5V），这个时间应该是可以接受的。当然如果再次降低到4.7μF，时间可以更短，这个结果我们从以上几张表中的测试结果也能看到，所以我们有理由怀疑这个典型线路不是通用的，可能是某款功放的一个特殊保护电路。

为了更准确地设计这个保护电路，可参考PDF文档里面的一段文字说明，获得直流电压漂移的正值或者负值的临界值的计算公式。其中，正电压漂移检测临界值（$+Vth$）设置公式：$+Vth=(2+Ra/Rc)\,Vth^{+}2$；负电压漂移检测临界值（$-Vth$）设置公式：$-Vth=-\{-Vth^{-}2\,(2+Ra/Rc)+Ic_2\,Ra\}$，可通过选用适当的电阻来设定这个临界值（根据PDF文档参数，其中$Vth^{+}2$是2脚正临界电压，其值为0.62，$-Vth^{-}2$是2脚负临界电压，其值是−0.17，Ic_2是来自μPC1237的电流，通常为12.5μA）。

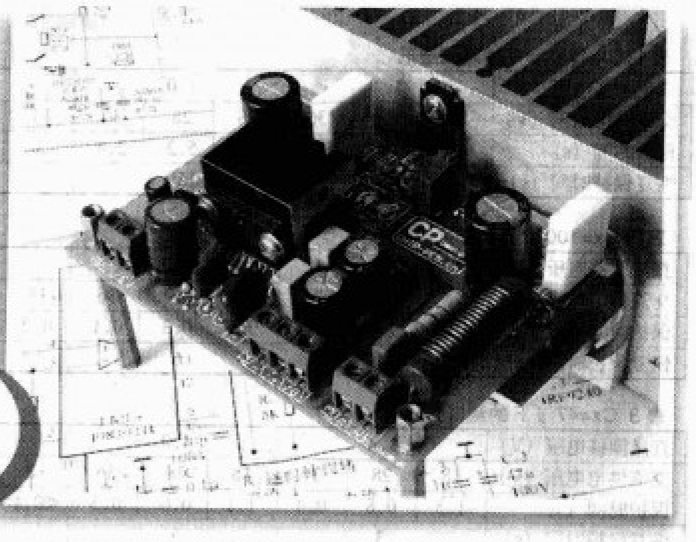
在整个μPC1237的PDF文档说明中并没有提及到这个Cx应用，但从一般保护电路的特性来看，该电容只是为了提高2脚所检测到的直流的稳定性，容量过大，必定会影响保护电路的反应灵敏度，因此我们这里取4.7～10μF为宜，耐压值要高于电源电压。

经过测试后，这里给出一张μPC1237保护电路关于2脚的阻容取值，如表5所示。将3脚直接短地（3脚对地短路为直流漂移排除后的自恢复选项），直流故障排除后的自动恢复的时间都在5秒左右，表5内数值仅供参考。

表5 μPC1237的2脚外围电路参考表

RC值 / 供电电压	Ra (kΩ)	Rc (kΩ)	Cx (μF)
18V以下	15	10	10
18～30V	22	15	10
30V以上	33	20	47

从理论上来讲，功放输出部分增加的Ra、Rc和Cx对功放本身的失真指标而言是有一定影响的，这相当于在功放输出端又增加了和音箱并联的Rc负载，但是当Ra，Rc足够大的时候，这点影响是可以忽略不计的，毕竟这点影响对于保护板所起到保护作用而言是微乎其微的。扬声器保护电路的种类很多，实现方法也多种多样，但μPC1237无疑是其中比较方便的一种，其实它还有功放末级大功率管的过流保护功能，但这已不属于本文讨论的范围了。最后希望大家能一起用好这个μPC1237的功放保护IC，将这个功放IC的功能发挥出来，更好地来保护我们的音箱。



实作LME49830功放机

文/吴根清

LME49830是国半公司新近推出的一款专为驱动MOSFET管而设计的高功率高性能音频驱动芯片，我通过《无线电》杂志申请到一套LME49830芯片并成功制作了一台性能较高的功放机，下面向大家介绍一下自己的制作过程。

一、制作方案

首先仔细研读《无线电》第5期上《国半高性能音频IC的应用》，按照杂志的推荐电路制作自己的100W × 2功率放大输出部分，此外还要另作电源电路和输出保护电路。

电源电路要为功放提供能源，所以要有足够的输出功率。功放机用电来自于市电，因变压、交直流转换环节的效率一般在70%左右，而功放机的本身效率在10%～70%，因此必须相应加大变压器的额定功率。简单配置可以按50%效率预设，如果功放机输出功率为100W × 2，则电源变压器可按300～500W设置，最好确定选用235V/6A的300W环形变压器。为了保证整流电源的直流纹波尽可能小，滤波电解电容在保证耐压的前提下要尽量按要求选配其容量，最好采用新出产的合格品，建议不使用拆机品，原因是拆机品的质量无法保证。整流桥选用普通25A/200V整流方桥，检测要求每个二极管的反向电阻为无穷大，正向电阻足够小（用500型万用表1kΩ挡测试）而且要一致。整流桥并接4个0.01μF/100V涤纶电容或其他薄膜电容。为了降低电源组件的内阻，对线路板做敷锡处理和增粗、减短输出连线（因地制宜）是必要的。另外出于安全考虑，还要为本放大机加装输出保护电路。

二、选择元器件

若要使制作Hi-Fi功放机取得上乘效果，必须对所用的元器件材料加以精心挑选。一般情况下不必追求所谓的“发烧”元器件，但是元器件的基本品质必须要有保证。

一般电阻选用$^{1}/_{4}$W金属膜即可，许多国内大厂生产电阻的精度、热噪声、热稳定性等指标都能很好地符合使用要求。电路中低阻值电阻Rn可以选用1W、Ro可以选用3W的RY金属氧化膜电阻，RY金属氧化膜电阻的热稳定性能比一般金属膜电阻更好，Re选用5W进口或国产优质水泥电阻。

C1耦合电容可选BP无极电解电容，如采用优质聚丙烯薄膜电容则效果更佳。电源中4个Cp去耦电容要选容量足、漏电小的优质电解电容（图1），不要使用拆机电容。Ci反馈电解电容可以通过试音来挑选，如：nichicon的MUSE系列、ELNA的SILMIC系列均可选择。小容量电容可以选用聚丙烯薄膜电容，ERO、WIMA等牌子的电容的口碑就很好。100pF以下电容可选云母、薄膜、独石等电容。尤其要注意的是C_{LL}电容的承受电压一定要高于2倍的电源电压（见本刊第5期22页图4）。

功率管选用金封V－MOS场效应K135、J50对管。由于K135、J50对管内部的G、S极之间没有安装过压保护，当G、S极间电压超过14V时会造成永久性击穿，因此必须从外部安装保护措施。VT1电压倍增管可选用管脚适配的中功率管，如果选用散热片外露的中功率管，则要用绝缘片作隔离处理。

自己制作2块25mm × 25mm × 20mm的散热片供

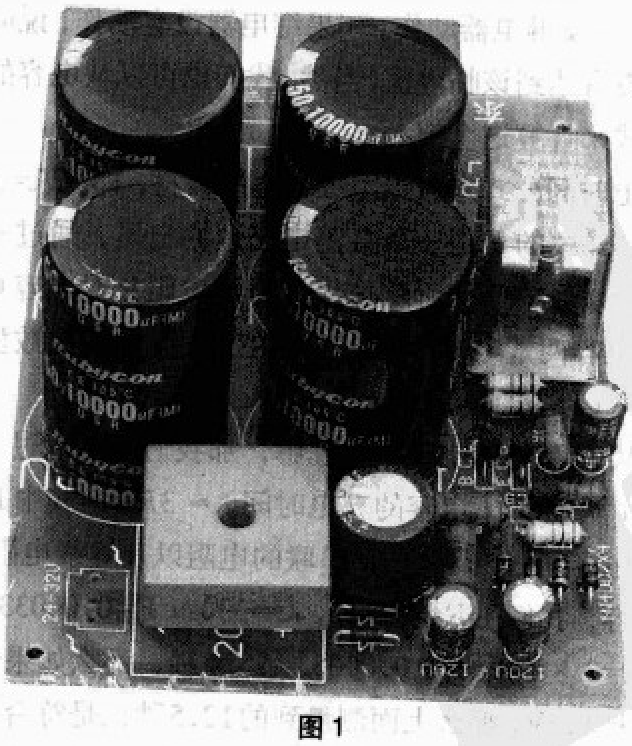


图1

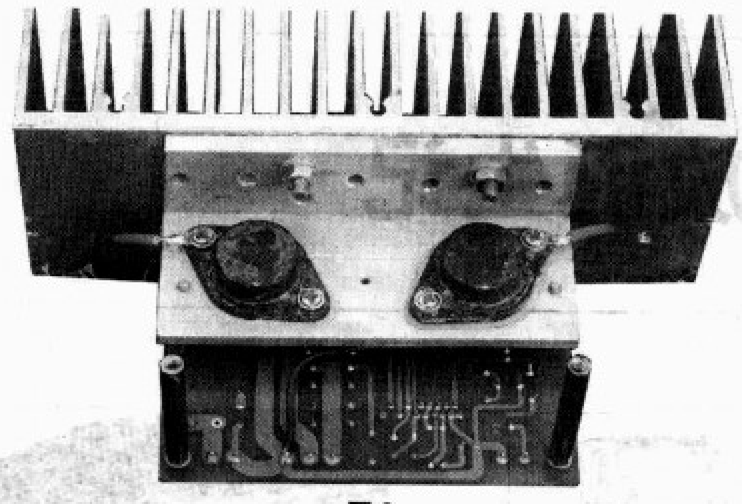


图2

LME49830IC使用，要加绝缘垫片。

用1mm漆包线在8mm钻头杆上绕制15~18T，将Ro电阻串入其中并与电感两头并联焊好。

线路板使用接线座，这样可以方便线路板的连接和拆卸，2块板共需用2个3P（1脚为1P），4个2P，还有8只3mm × 10mm铜制支柱供安装板固定用。准备若干TO-3绝缘云母片和绝缘粒子。另外还需准备2块150mm × 60mm × 60mm大型散热器和2块25mm × 40mm × 100mm角铝，该散热器尺寸能再大些则更好，供安装大功率管散热用（图2）。

三、安装工艺

整机的布局不仅要考虑整体的美观，更要考虑是否合理（图3），一般要遵循原则是：(1)弱信号（输入）远离强信号（输出）并且按照前后顺序尽量缩短连接；(2)发热器件（功率管、变压器等）远离怕热器件并摆放在通风位置；(3)设置屏蔽减小有害干扰；(4)并联一点接地，提高抑制噪声和抗干扰指标等；(5)大电流机内线必须足够粗；(6)不要利用机壳作为导线通电；(7)选择可靠的紧固件和支柱，保证整机牢固。

变压器极易泄漏交流干扰磁场，因此摆位要远离输入电路。E形变压器Z方向漏磁最大（图4），不宜安放电路板；X方向漏磁最小，适宜平面垂直安放电路板。环形变压器漏磁很小，只要能适当远离电路板即可。为了降低变压器磁力线对金属机壳的影响，制作一块变压器支座架空变压器是有效之举。如果还能对变压器进行电磁屏蔽处理（制作屏蔽罩并接地）则效果更好。

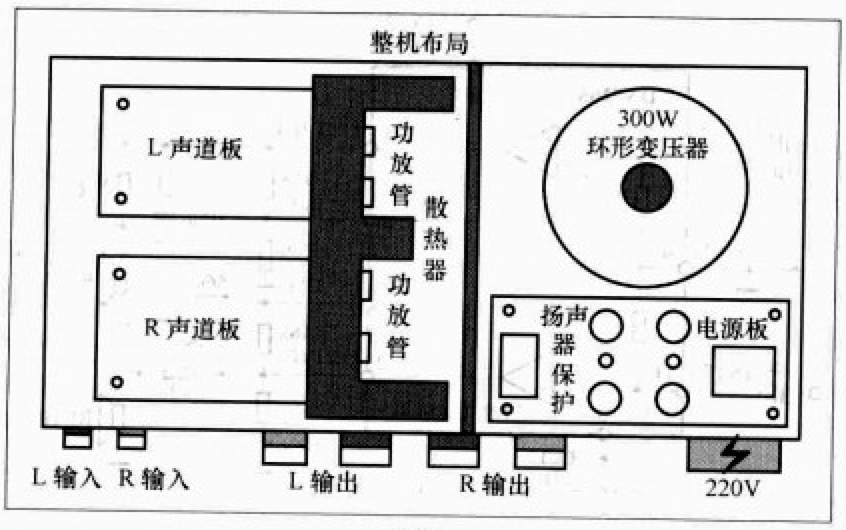


图3

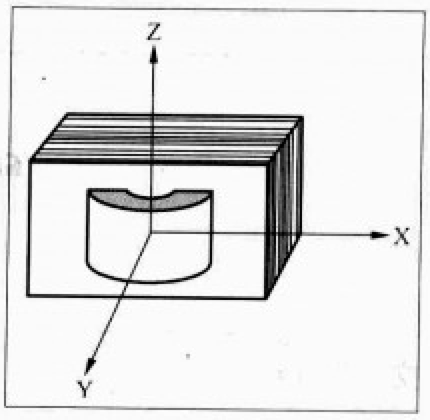


图4

在散热器上安装功率管（TO-3）首先要准确定位，再用“冲头”对准钻孔点凿一凹痕，然后用2.5mm钻头钻孔约10mm深，清除碎屑后用3mm丝锥“攻牙”，丝锥分“头攻”（柄上表“1”）和“二攻”（柄上表“2”）。先在钻孔口点一滴机油，然后用扳手夹住“头攻”平稳转入，尽量保持丝锥的垂直，旋转时一定要缓慢平稳，如感觉“咬死”就不要硬来，稍后退一下再继续。到位后退出“头攻”，改换“二攻”再攻一下即可完成。

在安装功率管前要将残留碎屑清理干净，在绝缘云母片上涂抹一点导热硅脂，然后把功率管装上并用3mm螺丝套上绝缘粒子进行紧固。功率管安装好后最好用万用表测量集电极对地电阻，用数字表测量，大于20MΩ即可使用。注意：K135、J50的G、S极间无过压保护，所以要用防静电焊接！

四、整机调试

本机调试分3个部分，即电源部分、扩音板部分和辅助电路（扬声器保护）。通电前要反复检查各个单元是否安装无误，然后把输入端Ci接地而不接扬声器负载，再把可调电阻Rp逆时针旋转到头，开机通电测量。为了保险起见，可以在变压器初级串入一只40W灯泡，通电后灯泡闪亮一下随即黯淡下来，几秒钟后如听到扬声器保护继电器启动的声音，则表明电路基本正常，可以继续如下调试（否则必须关闭电源重新进行如上检查）。

（1）测量电源输出端，应为正负50V左右且对称，检查变压器和整流器件应无明显升温。

（2）测量功放板中点电压，小于0.1V为正常。

（3）顺时针缓调Rp，同时测量Re两端电压，应调到30mV左右。半小时左右再次复测调整，让Re电压和中点电压都能稳定在这个范围。

（4）拆除串联灯泡和Ci短路线，接上前级机（关闭音量）和音源，连接上音箱就可以开机试听了。开机顺序是CD（音源）、前级机、功放机，关机顺序是反过来操作。逐渐开大音量，让久盼的声音悠然传入你的耳朵，叫你忘却一切疲劳和辛苦，成功的喜悦会让你激动不已，装机成功了！

“火箭头”功放诞生记

文/高 宙

打算设计一款放在门市使用的功放，不追求hi-fi，但功率不能太小（10W × 2以上），声音要干净，体积不要过大，机箱不要散热孔，哟，这可不好办了，体积小，还要密封，怎样兼顾散热啊，这不是给自己出难题吗？采用分立元件，不可行，采用LM3886，需要两块，电路也有点复杂，难搞定……翻翻自己的存货，无意间发现了可利用的元件，以前买的TDA7265立体声板子，每块芯片功率为25W × 2，电路简单，所用的元件也不多。变压器是100W、16V × 2。最令人头痛的是散热器及机壳。一天看到手边的圆柱形散热器，突发奇想，用散热器做顶，找个圆筒做机壳，放在散热器下面，做个水塔的形状，不就是绝好的设计吗？找什么样的圆筒？想了想，用电容器吧！找出自己最大的电容器（16000 μ F/75V），直径有6.5cm，高度8cm。比了比，太巧了，散热器直径一头6.5cm，一头7.5cm，高度3.8cm。将电容器竖起，用散热器小端向上放在电容器的顶端，就像个火箭头(图1)，而小端向下放置就像个飞机望台(图2)，这个外观结构自己很满意。

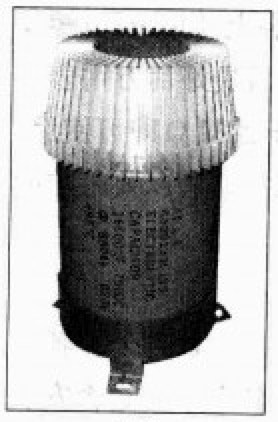


图 1

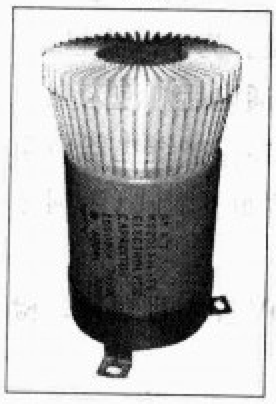


图 2

当即拿刀片把电容皮剥开，用钻打开封口，拿出电容内芯，里面居然有层沥青，好不容易才清理干净。下面要做的是主要构件——电路板。因为放大器是要装进电容器筒里面，还有电源滤波等，不能搭棚。自己用锯片刀刻电路板，太落后了，热转印腐蚀做不来，怎么办？这时想到了中国音响diy论坛的洞洞板，尺寸是10cm × 8cm，镀金厚板，保证好用。电容器筒内采用双层板子，放大器和电源分开，这样外露的散热器既可以保证散热效果，又可以使灰尘进入减到最少。功放扣在电脑桌的接线孔上面，这样就看不见接线，而且别人光看外表绝对猜不出这个是什么东西，呵呵，有创意吧(图3)。根据圆筒的空间，板子最大可以做成直径5.5cm，一块洞洞板可以切

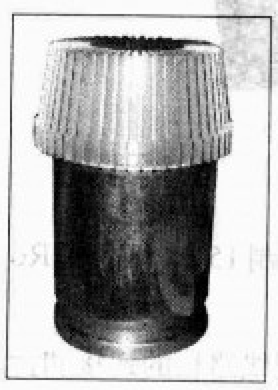


图 3

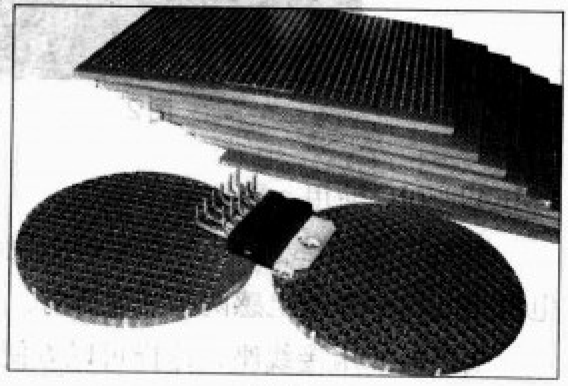


图 4

出两块直径5.2cm的板子。先拿两个205轴承（外径就是5.2cm）在洞洞板子上对角放置，画出2块板子的外形，斜着锯开洞洞板以后，用大斜口钳剪出个大概形状，接着上砂轮机慢慢磨成圆形，两块板子就OK了(图4)。接着把电容器筒顶部中间用钻开了个能放进芯片的长孔，用锉子打磨光滑，两边打2个固定孔。再拿来散热器，对应开3个M3的螺丝孔，攻丝拿的是进口梅花头螺丝钉，虽然是标准的M3牙，牙却不是标准圆形，而是略呈三角形，有点像丝攻，直接使劲扭进去就攻好了牙。1个孔固定芯片，另外2个固定铝筒子(图5)，散热器和圆筒的加工就完成了。接着处理芯片引脚，仔细对比，找到在圆筒中间位置的芯片脚位。从底下插入芯片，根据电路图（图6），慢慢布局元件和跳线的线路（图7），芯片要

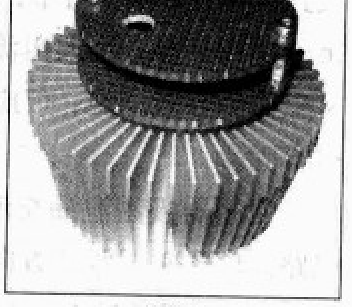


图 5

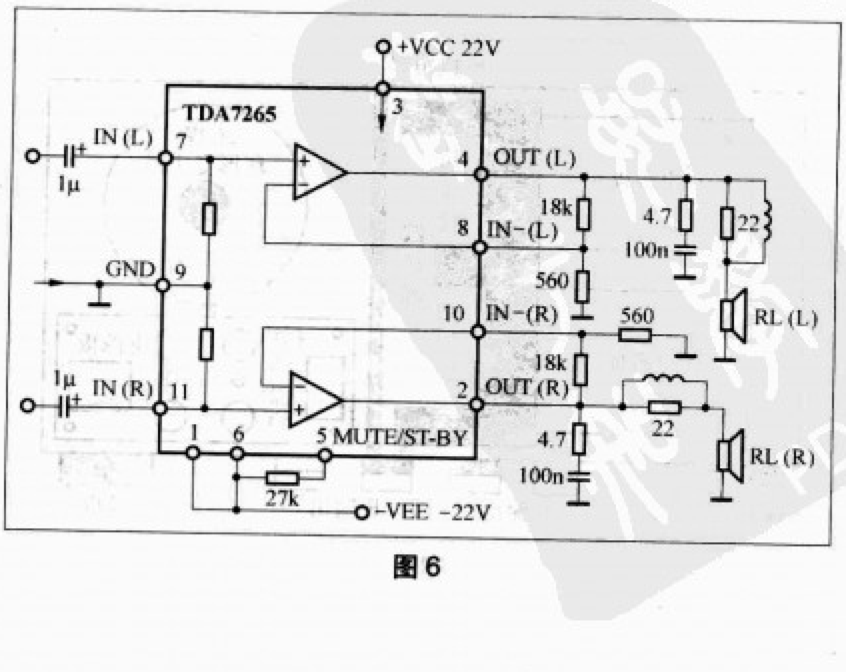


图 6

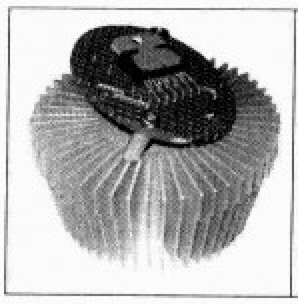


图7

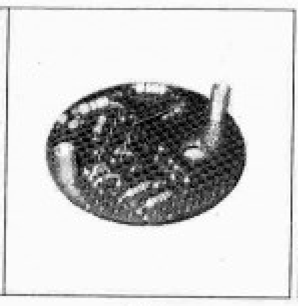


图8

图9

避开钻孔及下面的固定钉子（图8）。底下功放板子的元件全部选择卧装（图9），其实总共就9个元器件，特点就是线路简单，元件不多，功率比较大。18kΩ和560Ω电阻决定功放的增益，4.7Ω电阻和0.1μF电容构成巴特沃滤波器消除振荡，与PDF资料不同的是我的板子上有输出电感，再在电感上并个22Ω电阻做成补偿网络（用22Ω电阻的原因是用这个电阻的引脚做跳线）。原来5脚可以控制电路静音和待机，因板子太小，做个延时电路又太复杂，就接个27kΩ电阻到负电源。电源也比较简单（图10），变压器双16V，RS402L桥1个用来整流，电容筒子里面空间比较小，所以选用4个直径小些的Philips电解电容（2200μF/35V）做滤波（图11）。

安排好元件就开始照电路布置跳线，到了这个时候才发现洞洞板好像也不太容易做，原来以为照电路放好元件，跳线一搭就可以了，结果发现跳线太多，而且长度大为讲究，电路布局全部要用人脑，不是电脑，挺费神。布置到顶上的电源板的时候问题就更加多了。原来为了美观和方便，设想做成两层线路板，这样才紧凑美观，接线都在上层。布线到这时候发现因为分层导致跳线太多了，有正负电源、地线4条、输入输出4条、跳线孔多数是不对称的，要对着电路图慢慢地接线，还要对孔，搞得很慢，接线弄了两天（每天几个小时），搞得腰酸背痛，汗……在多次仔细检查中终于接完了跳线和所有的元器件，可以焊接了。不过还是不敢

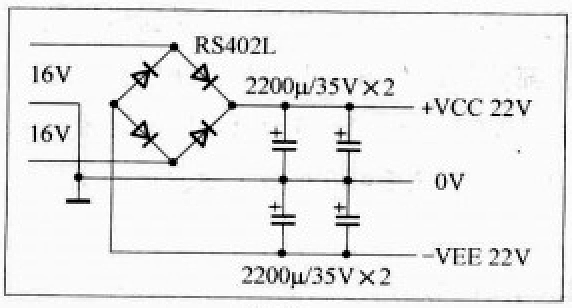


图10

图11

图12

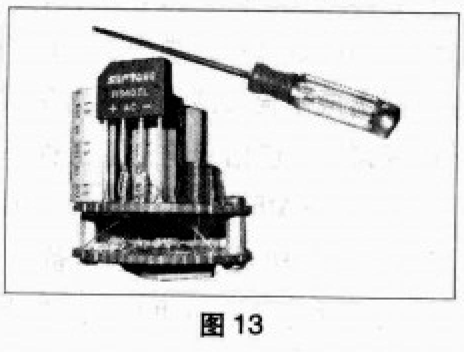


图13

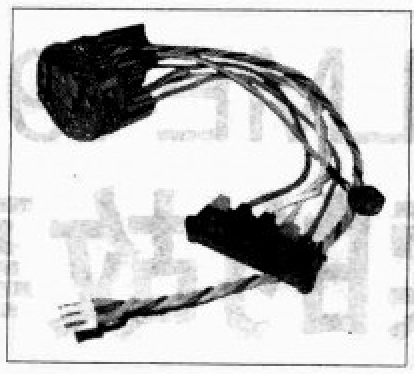


图14

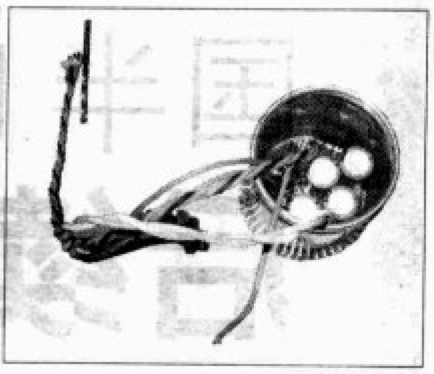


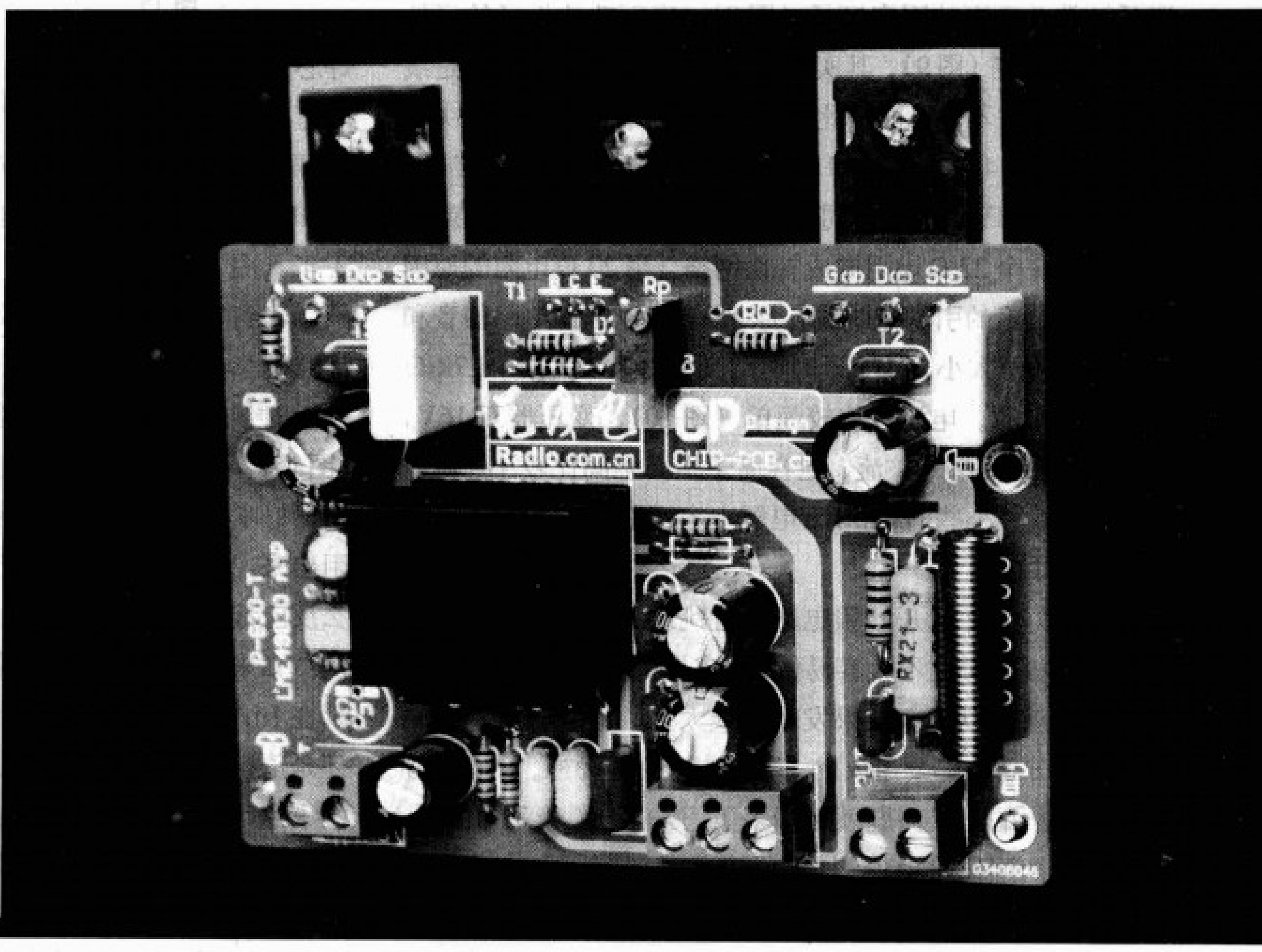
图15

焊芯片，要再次检查，确认无误后才开始焊接。最后是拧螺丝钉，前两块板子要对好六七根跳线才装得上（图12），上好螺丝钉，接好中间的所有跳线。认真用万用表核对所有接线和焊点，最后才焊接上电源和输入输出线，这下子总算完工了（图13、图14）。

轮到安装了，连接好散热器和电容器筒，拿片绝缘胶垫涂点硅脂，贴在散热器上面，免得扭钉子后歪过一边。装电路板时候真的是看不见螺丝钉的孔，对了好几分钟才装上（图15），而且垫片是不是歪了还是怎么样根本不知道，听天由命好了。接好线和变压器，连接音源，拉了2个22Ω小电阻出来，夹好做负载，检查无误以后接通电源，等了几秒什么反应都没有，嘿嘿，没有diy的噩梦（爆电容、冒烟），有门！拿来万用表，先测量输出，数值不稳，过一会儿，两边都在1mV左右， 哇！这个芯片不错嘛，前两天的细致安装还是值得的，一次通电成功。然后测量电源电压，有双22V，高了点哦（极限25V）。断电后接小音箱，重新开机，没有冲击声音，贴到扬声器听，有一点点“嘶嘶”响，没有交流声，正常！慢慢开大音量，音乐声从扬声器中悠扬飘出，OK！中等音量听了几首，散热器温温的，估计就40℃多点，不是很热。大声听了20分钟，散热器连铝筒都有些热了，这个散热器的齿都是1mm厚的叶片，顶部伸出15mm，底部伸出20mm，共约50片散热齿，效果不错，可以安心地使用。

终于按照自己的设想做好了这个功放，看着它奇特的造型很欣慰。

国半LME49830 后续的故事



○ 文/编辑部

《无线电》杂志一直以来对于美国国家半导体（以下简称国半）的新型音频芯片拥有极高的关注度——从早期的LM4702、LM4780、LME49810直到今年推出的LME49830。我们和读者朋友共同见证了美国国家半导体对于音频功放驱动芯片的研发和拓展实力，也见证了音频技术以及制作工艺在向一个更高的层次发展。而LME49830正是这一切最好的代表。

在今年3月看到LME49830的技术资料时，我们就被LME49830的傲人指标所吸引——谐波失真0.00006%、噪声水平44μV、压摆率39V/μs、电源抑制比（PSRR）105dB……再加上独出心裁地与MOSFET管的搭配，我们眼前已经浮现出一台设计简便、声音干净、驱动力强劲、解析力超群的“高保真”功率放大器（图1）。而这样好的音频芯片又岂能独自分享？2008年5期《无线电》杂志“国半高性能音频IC的应用”这篇文章就把国半在2008年全新推出的音频芯片LME系列应用设计实例向读者朋友作了初步介绍，同期向读者朋友提供了50套开发板和LME49830芯片。说句心里话，50套相比国内音频工程师、爱好者的数量实在是九牛一毛。但能为了让更多的人感受到LME49830带来的简便的设计，感受到音频技术的不断发展，感受到科学技术的日新月异，总有一部分先锋要勇于去接触新事物。同时这也是抛砖引玉，百家争鸣才是我们最希望看到的，而最终的目的就是让更多的人听到从LME49830身上迸发出的美妙音乐。

这次LME49830套件的赠送与以往活动形式不同，我们对于每一位读者朋友的申请都经过耐心的阅读和挑选，并经过电话确认其设计思想和用途。目的是能让一套LME49830发挥出成十倍或成百倍的力量。以下就是我们精心挑选的一些获赠者（包括音响企业工程师、音频网站成员、电子爱好者）对于LME49830的设计、看法和应用设想，很多都有独到之处。希望对于那些正准备拿LME49830做功放或者对于功放设计有兴趣的朋友起到参考作用。

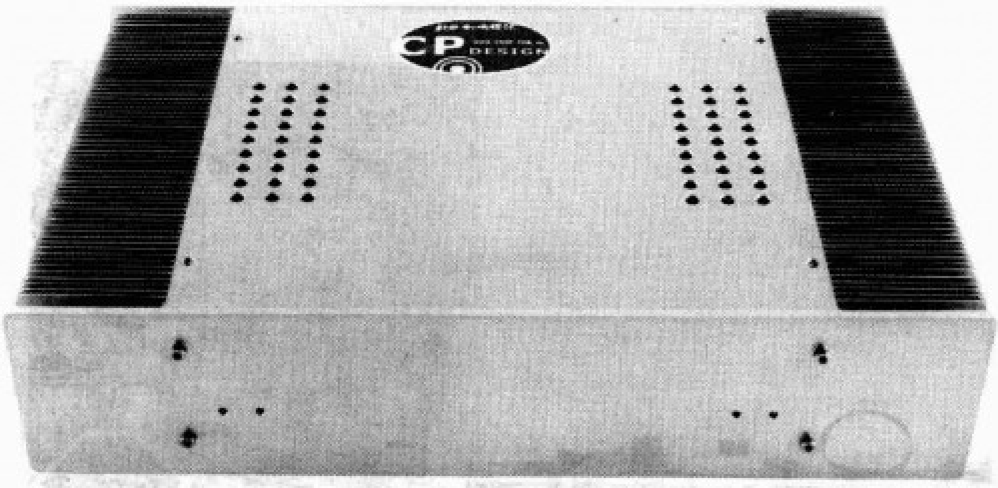
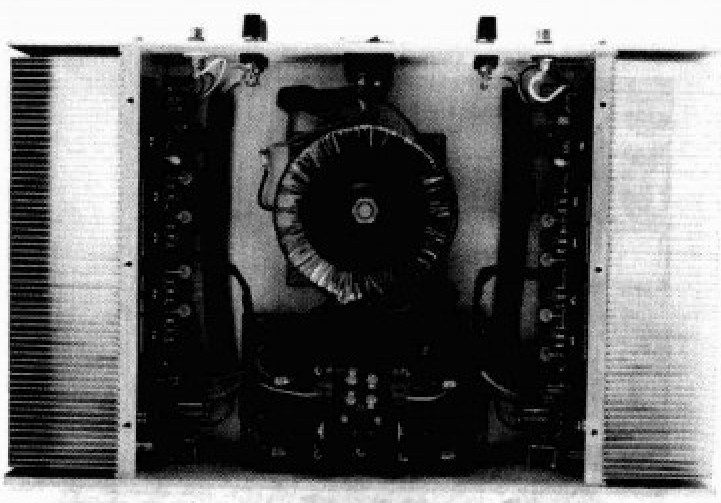



图1 梦想成为现实，国内首款LME49830试验机型

音响企业

北京清逸伦音响技术有限公司音响工程师——任化雨

要制造一部性能优异的音频功率放大器，生产厂家需要将深厚的线路设计开发能力与完美的制造工艺相结合，而这些并不是全部，比如最让厂家头痛的工作之一就是要筛选出数十对性能一致的互补对管，经老化处理后再次筛选，淘汰率极高。这样的做法对一般的DIY发烧友来说非常难于实现。笔者早年也曾经接触过一些常用的音频芯片功率驱动模块，如μPC1225、μPC1342、场效应驱动模块AP500等，装成整机后都有不尽人意之处。

当我从《无线电》杂志上看到LME49830的优秀指标以及专为驱动MOSFET管的设计时，不得不让我心动。因为我们有着得天独厚的实验条件，元器件选择不用跑市场，而且LME49830音频驱动芯片的外围电路很简单，元件极少，因此通电试验非常顺利，只需微调一下R_b多圈电位器，使得每只功率管的静态工作电流在150mA左右即可。测中点输出电压，两声道均在1mV以内，优于厂家给出的标准。长时间煲机后并无漂移现象（图2）。

通过试验，机器总体上可以反映出LME49830芯片的电气性能指标非常高，输出频响在10Hz~100kHz十分平直。可工作于±100V电源电压，有着56mA的强大高速驱动电流，16V的驱动电压，不但可轻松开启高阀值的MOSFET管，推动双极性功率三极管也不在话下。设计者可根据采用的供电电压的量级与后级功率管并联的数目，灵活地达到500W以下的多种功率输出，是Hi-Fi音响厂家设计多声道影音放大器的不错选择。对于有动手能力的发烧友，也不必使用复杂的调试仪器，可以用较少的花费获得一台性能优异的音频功率放大器。当然，也可以应用LME49830为核心设计制造纯后级功率放大器，通过搭配不同风格的晶体管前级或胆前级，感受不同的声音享受。

笔者个人看法，在元器件的使用上，没有必要选择那些天价级的补品电解电容，选择一般的优质电解电容就可满足要求。小容值的消振电容选用云母介质的比较可靠。如经济条件许可，外围的电阻、退耦用的电解电容、整流滤波用的大容量电解也可选用高级的品种，但对音质、音色的改善与投入不成正比关系。电源变压器一定要选择较好厂家生产的优质品，否则漏磁大，容易有噪声。

现在这台LME49830试验样机在《无线电》杂志听音室中（图3），经过反复试听确认其三频平衡、声音干净通透、驱动力极好、分析力强，有很好的音乐表现力。总体给人留下很深印象。

图2 清逸伦LME49830试验机型

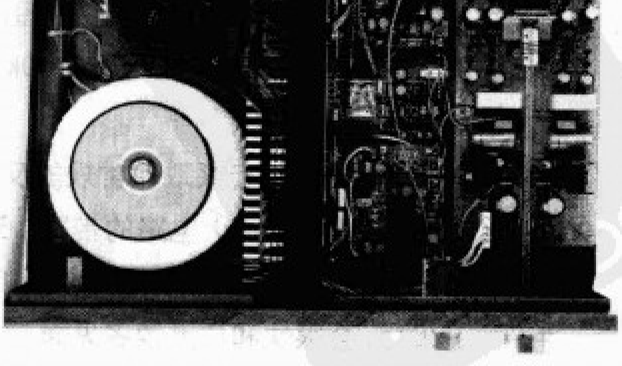


图3 《无线电》杂志听音室

安富丽香港有限公司音频设计工程师——邓荣泉

我从《无线电》杂志申请到LME49830样片和开发板，发现在开发板的左上角的走线不合理，顶层的G极输入信号走线与底层 $-V_{EE}$ 有大概10cm的平行走线，这是电路板设计的大忌，因为电源的噪声会通过平行线耦合过来，后来的装配也证实了这点。

对于LME49830的开发我并没有依照《无线电》杂志赠送开发板的设计，而是单独在末级增加了 hawksford 的误差矫正技术，也想验证和实验一下，否则就浪费LME49830的低失真性能了。功率对管，我是采用更大电流的40A IR MOSFET管IRFP150/IRF5210，这对管在华代的A300成品机器上得到过应用，有不俗的表现，推力很足。

我个人认为LME49830的不足是驱动电流还不够大，散热器的管脚分布稍欠思考，有些走线要弯的远，建议下一版的型号改进，让片外的阻容零件能有最短的连接。适当提高转换速率更好，－3dB带宽最少要有200kHz，我个人一般要求是300kHz到500kHz。

针对现在的情况，我采取非常规的反馈电路，限制输入信号的带宽，适当拓宽放大电路的带宽。这样可以控制高频的失真，听感表现为更柔和、更细腻，更自然。试验机型在进一步开发中，会很快和广大读者见面。

音频网站成员

中国音响DIY网站管理员（www.hifidiy.net）——钱君

看到《无线电》杂志上的LME49830介绍使我想起了当初玩过的μPC1225H，想当初刚开始做功放的时候，竟然还真的做响啦！见到LME49830实物的时候外形感觉很秀气，因为原来做过很多集成电路的仿制，一直对国半的芯片功放比较有好感，在集成功放方面的确国半的芯片非常不错。

首先来谈谈分立元件的制作：HIFIDIY一直到目前为止只有一款分立的H140功放，这主要是因为制作分立元件功放存在太大的变数，可能十个人做出来会有九种声音，变压器、电容、接线和整机装配的不同会导致音效会有很大的变化，而集成功放的最大好处就是核心确定了音效，大家只用制作和处理好简单的外围，整体声音基本就不会变化，容易出好声，这也就是GC3875(最短最简线路集成功放)在2004年在全球风行一时的原因。当然制作分立功放是很考验DIY水平的。超级分立功放也是DIY爱好者在功放方面的终极挑战！

言归正传，LME49830这类的驱动IC为初学制作分立类功放的DIY爱好者提供了一个捷径，细看LME49830的指标

可知，它基本算是目前这类芯片的前三甲，这个芯片直接集成了分立元件的前面大部分元件，相当于你制作分立元件的话有2/3部分可以不用做。等于是介于集成芯片和分立间的混血品种！性能也应该介于两者之间，当然也可能发生奇迹，现在比较流行PK，在小功率运放场合有可能集成功放把他PK掉，在大功率场合LME49830也可能把超级分立功放PK掉！音响是会发生巨大变数的奇迹发生地，只要你用心制作，就可能发生奇迹！只要你用心制作，LME49830类的驱动类IC一定能和分立类功放持平。我一个当厨师的朋友说过这样一句话“我们做菜是用心去做菜，用感情的去做菜”。因为他整个过程除了投入同样的时间，还额外地用心和用感情，那么在同样时间内就会发生奇迹！

最后有个发现也和大家共享一下：做后级的时候最好要把后级做成白开水的风格，有句话“前机出声，后级出力”，白开水加入牛奶和咖啡可以变成一杯香浓咖啡，白开水加入茶叶也可以变成清逸的绿茶，希望这点能对大家制作功放有所作用。

成都音响DIY网站管理员——刘建敏

LME49830应该是继LME49810后一款专门为MOSFET输出设计的包括输入、电压放大和MUTE静音电路的集成电路放大器。

从性能上来讲。±100V的电压、8Ω负载下LME49830额定输出功率可以达到300W。大功率时候功率取决于电流输出极的电流负载能力。也就是需要采用多管并联的方法。在理论上LME49830已经完全达到Hi-End水平。从失真对比来看：LME49830 THD+N （失真加噪声）<0.0006%。而MBL9011旗舰型放大器后级信噪比为129dB，失真率仅为0.001%。

从实际制作来看，LME49830本身已没有什么缺点，但是这个芯片仅是一个完整的放大器的前半身。没有电流跟随器的支持是没有办法推动几欧负载的音箱的。而这个时候电流跟随器的性能指标将直接影响到LME49830功放的整体性能。当然，有人会问为什么不把电流跟随器直接做在芯片里面呢，就像LM3886一样。这点实际上就是LME498XX系列功放为什么可以达到Hi-End标准的一个秘诀。在以前的功放IC里面，完全整合一体化，包括了输出级在内，这样整个IC在大功率使用状态下发热将会很严重，极大地限制了功放的输出功率及电流控制能力。所以耐压一般都做得小，功放对低阻音箱或大型音箱表现的控制力也不如很多高档分立元件式的功放。

而在LME49810、LME498830系列功放上面已经没有这个缺点了，高电压的支持，无限制的大功率晶体管，MOSFET管输出级。将高性能，高可靠性和一致性的芯片和大功率的晶体管结合在一起，使得线性功率放大器的设计达到理想化和简单化。

◆ LME49830设计参考

在LME49830的设计制作中首先要参考的是国半官方给出的应用电路（图4）。从电路上可以看出。LME49830应

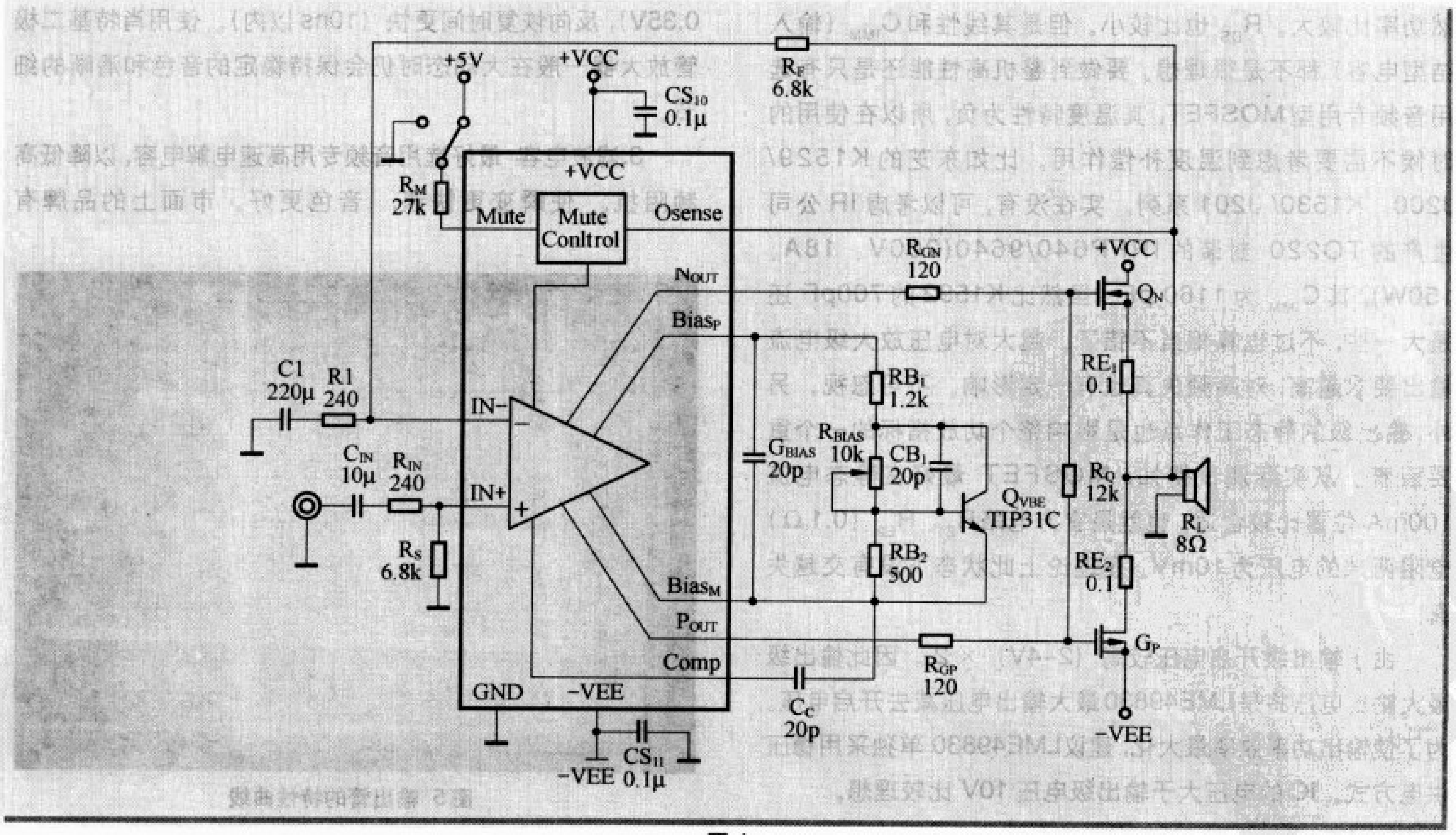


图4

用电路的制作的难度比较低，只要使用过老型号的LM4766/3886式功放就可以很清楚了解到电路的制作要点。C_{IN}是信号输入端耦合电容，R_{IN}及R_S通过这两个电路可以做信号衰减。R_S决定于功放后级的输入阻抗，C_{IN}取值大于3.3 μF时可保证输入信号的－3dB截止频率在20kHz以上。此电容可选用优质低损耗角MKP型电容。R_S值与反馈电阻R_F取值一样，6.8kΩ 可保证中点输出直流偏差极低。电路在V_{CC}及V_{EE}端都并联了0.1 μF退耦电容，目的在于减少瞬间电流波动对芯片造成的高频影响，此电容值可以取到1 μF以上。信号经过耦合通过芯片进行缓冲及电压放大。通过N_{OUT}（NPN输出端）、P_{OUT}（PNP输出端）给出电压放大后的信号输出。C_C（20pF）密勒电容主要是防止电路自激作用，此电容取小了可能难防自激。取大了会降低整体SR。按官方取值比较好。R_{B1}，R_{B2}、R_{BIAS}、Q_{VBE}等电阻和TIP31三极管构成一个偏置电压。LME49830的Vbias =16V。就是表示BIASP-M偏置电压最大支持16V。这也是输出级支持MOSFET的一个重要性能。因为大多数大功率电源型HEXFET开启电压达到4V以上，上下臂总偏压就要求在10V以上才能够使末级工作在导通状态。不然的话会产生交越失真。R_{GN}和R_{GP}是输出级MOSFET的G级电阻，用来稳定输出级的工作。R_O（12kΩ）可作为LME49830输出级的一个负载。

最后要谈到对整个功放影响很大的输出级MOSFET。一般市面上容易购买的MOSFET像IR公司生产的IRFP240/9240、IRFP140/ 9140、IRF630/9630一类虽然功率比较大。R_{DS}也比较小。但是其线性和C_{IMM}（输入结型电容）都不是很理想。要做到整机高性能还是只有选用音频专用型MOSFET，其温度特性为负，所以在使用的时候不需要考虑到温度补偿作用。比如东芝的K1529/J200、K1530/ J201系列。实在没有，可以考虑IR公司生产的TO220 封装的IRFP640/9640(200V、18A、150W)，其C_{IMM}为1160 pF。虽然比K1592的700pF还是大一些，不过也算相当不错了。越大对电压放大级电流输出要求越高，对高频失真也有一定影响。不可忽视。另外。输出级的静态工作点也是影响整个功放指标的一个重要因素。从实际测试得知，MOSFET 最好在静态电流100mA位置比较合适。也就是官方电路R_{E1}、R_{E2}（0.1Ω）电阻两端的电压为10mV。在理论上此状态下没有交越失真。

由于输出级开启电压较高（2~4V）×2。因此输出级最大输出电压将是LME49830最大输出电压减去开启电压。为了使输出功率效率最大化，建议LME49830单独采用稳压供电方式。IC的电压大于输出级电压10V比较理想。

电子爱好者

吉林音响发烧友——姜兰举

美国国家半导体公司2008年新推出的LME49830驱动芯片，性能优异，引起许多音响爱好者的关注，因为规格书上给出了典型应用电路，在此不再详述，本人仅从整体设计、器件选材和性能整体测试方面谈谈自己的一些看法。

高保真功放设计是要考虑整体的，任何一个环节的瑕疵都会影响整体的效果。

电源部分：高保真功放电源部分是非常重要的，它担负着整台系统的能量供给。放大的过程实质就是输入信号通过放大器对电源的调制过程，因此电源的平稳供电能力及电源对信号的瞬态反应能力是很值得关注的，为此要在设计和用料上下功夫。高保真功放的负载电流变化可达几十倍，所以要求电源内阻越小越好，所以器件要注意以下选用原则：

1.变压器的选用：变压器要有足够的储备功率，以免放大器输出连续大信号时造成电源电压的明显下降，产生互调失真。变压器漏磁要小，否则会引起噪声，使功放整机信噪比变差，有条件的最好使用变压器屏蔽罩。变压器以环形变为好，环形变漏磁小，体积小，效率高。

2.整流二极管的选用：二极管的电流裕量要足够大，正向压降V_F要小，开关噪声要低，反向恢复时间要快，这样才能在很宽的频带内阻抗特性保持平直，为了满足此要求，最好选用肖特基二极管，肖特基二极管比快恢复二极管的正向压降更低（最新技术输出20A电流情况下正向压降可以达到0.35V），反向恢复时间更快（10ns以内）。使用肖特基二极管放大器一般在大动态时仍会保持稳定的音色和清晰的细节。

3.滤波电容 最好选用音频专用高速电解电容，以降低高频阻抗， 使瞬变更快速， 音色更好。市面上的品牌有

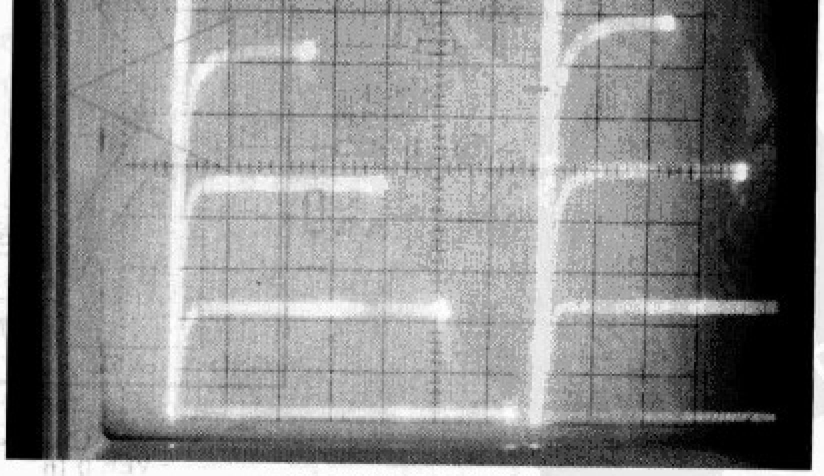


图5 输出管的特性曲线

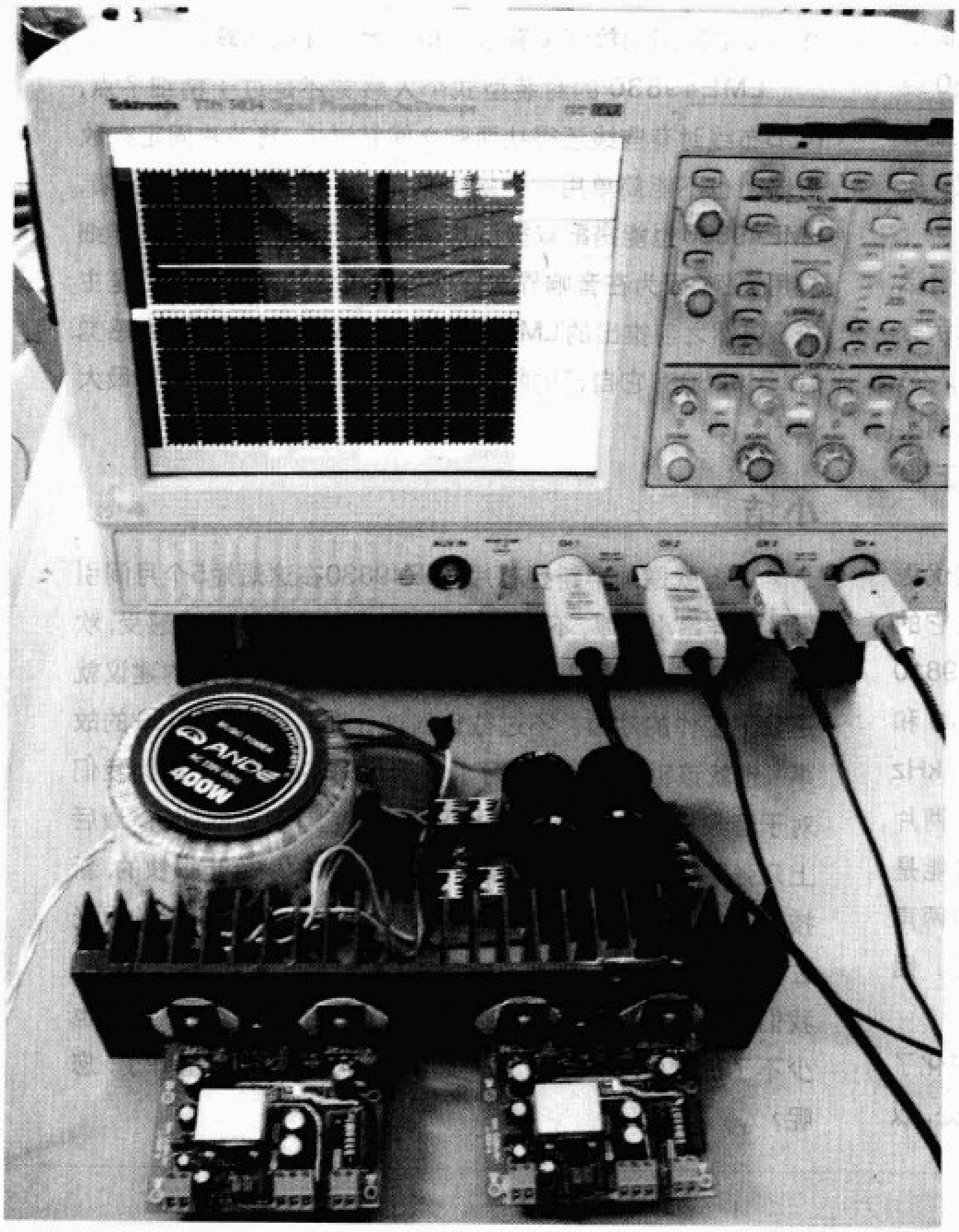


图6

SPRAGUE（思碧）、RIFA、ROE等，当然价格比普通电解会高，但效果是非常好的。

后级输出绝缘栅场效应管（MOS管）对听音效果有影响，不同的管子有不同的音色，市面上较常见的品牌有东芝、安森美等专业音响对管。作为音响尽量选用音响专用对管，因为配对性较强，音质出色。我选用的MOS音响对管是东芝公司的2SK1530和2SJ201，图5所示的是晶体管图示仪测试同一沟道类型的两只MOS管配对时的管子曲线。图6所示的是使用Tektronix AFG3101信号发生器和Tektronix TDS5034数字存储四通道示波器测试的放大器输出信号。图7所示的是测试的20Hz的正弦波、方波、三角波波形图，图8是测试的100kHz的正弦波、方波、三角波波形图。从波形图来看，放大器的性能很不错，瞬态反应很好。另外也测试了通频带，可以达到5Hz~150kHz（±1dB），通频带和负反馈量大小以及MOS管结电容和耦合电容的损耗角等元件都有很大关系，所以在上机之前一定要选用优质元件并进行必要的仪器测试。

在设计上因为不同的厂家的MOSFET管开启电压不一样，所以要适当的调节多圈偏流电阻，使MOS管漏极有适当的静态电流，使放大器工作在甲乙类状态，一般静态电流在100~200mA即可。

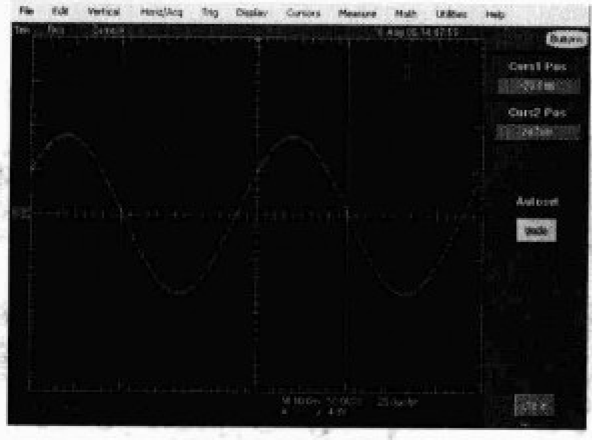


图7a 正弦波20Hz

图7b 方波20Hz

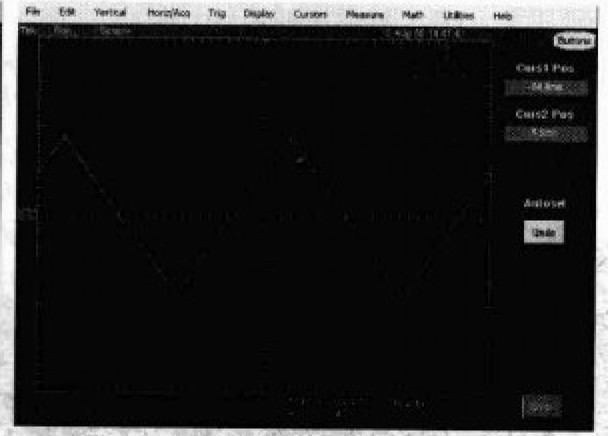


图7c 三角波20Hz

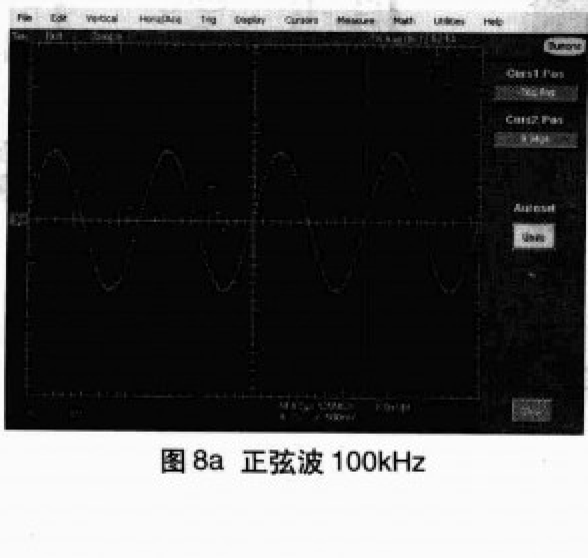


图8a 正弦波100kHz

图8b 方波100kHz

图8c 三角波100kHz

为了保护您昂贵的音箱，一定要使用可靠的扬声器保护器系统，关于这方面的文章较多，不再详述。LME49830装配完成的高保真放大器搭配惠威的M1.2的实际听感：细节丰富，高音通透，中音人声亲切自然，低音浑厚力度十足。

广州音响发烧友——刘建军

非常感谢《无线电》杂志社和国半公司给我们赠送LME49830的芯片和DEMO板，使不少发烧友很快就能亲身体验这块小巧而精致的芯片带来的制作快乐。本人将LME49830用于一款50W的家用放大器，经过约两个月的实装调试试听，相关感受略谈一二，所有叙述不一定完全正确，仅代表本人观点。

从实际应用的情况来看，LME49830本身是块非常优秀的片子，它的音频指标非常优秀。实测THD+N时发现它的高频失真比国半前段时间推出的芯片LM4702、LME49810要少一些。我们在同一种PCB上分别安装LME49810和LME49830功放模组各一套，发现两声道LME49810的1kHz以上高频失真有少少差异，LM4702也有类似现象。而两片LME49830则非常好，都在很低的水平。这点有可能是LME49830的一致性比较好，也有可能是LME49830对两声道PCB因不同布局布线而存在的弱小差异没那么敏感。因为手头没有更多的芯片更换，没有进一步验证。

另外LME49830取消了LME49810的削峰指示，简化了电路。如果不是专业功放，这个削峰指示似乎没多大用处，以往大多数家用功放都没有这个指示也没什么问题。

LME49830的封装型式个人感觉还是过于精细了点，PCB布线时有些线还得从两脚之间钻过去。将芯片固定在散热器上也不能简单用一个螺钉来完成。从应用手册上来看，LME49830也能搭配双极型功率晶体管，建议国半推出详细应用案例，因为在音响界末级使用双极性功率晶体管还是主流。虽然之前推出的LME49810是推双极型管，但个人感觉LME49830有它自己的特色，应该尝试多种搭配发挥其最大潜力。

小结

以上就是国半新型芯片LME49830在这短短5个月间引发的一连串小故事，不知道读者看过这篇小结有什么感受，欢迎多多交流，编辑部邮箱radio@radio.com.cn，您的建议就是我们工作的动力。不过截止到这一期，"LME49830的故事"也就该暂时告一段落了。但这绝对不是结束。因为我们对于音频技术、对于美国国家半导体还有很多的期待，最后上几张图片为明年提前预预热，音频技术的发展是很快的，新技术的应用和新产品的不断推出会让我们以更加现代的眼光去审视音频技术的发展，明年的《无线电》杂志会更加精彩，我们会为读者提供更多新技术和新产品的分析，当然活动也少不了的。希望您和我们一起期待，我们已经准备好了，您呢？

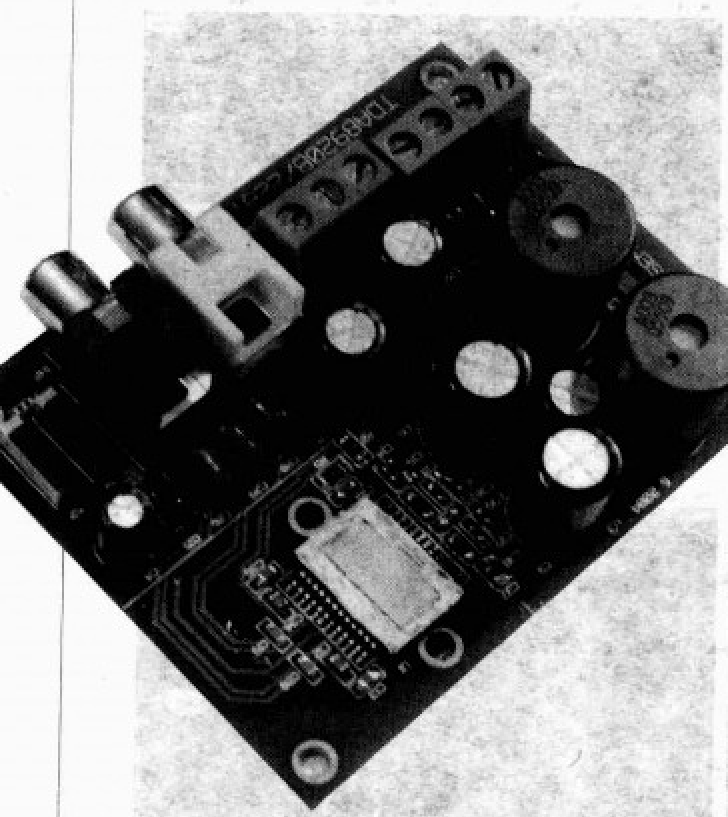


图8 大功率D类驱动板

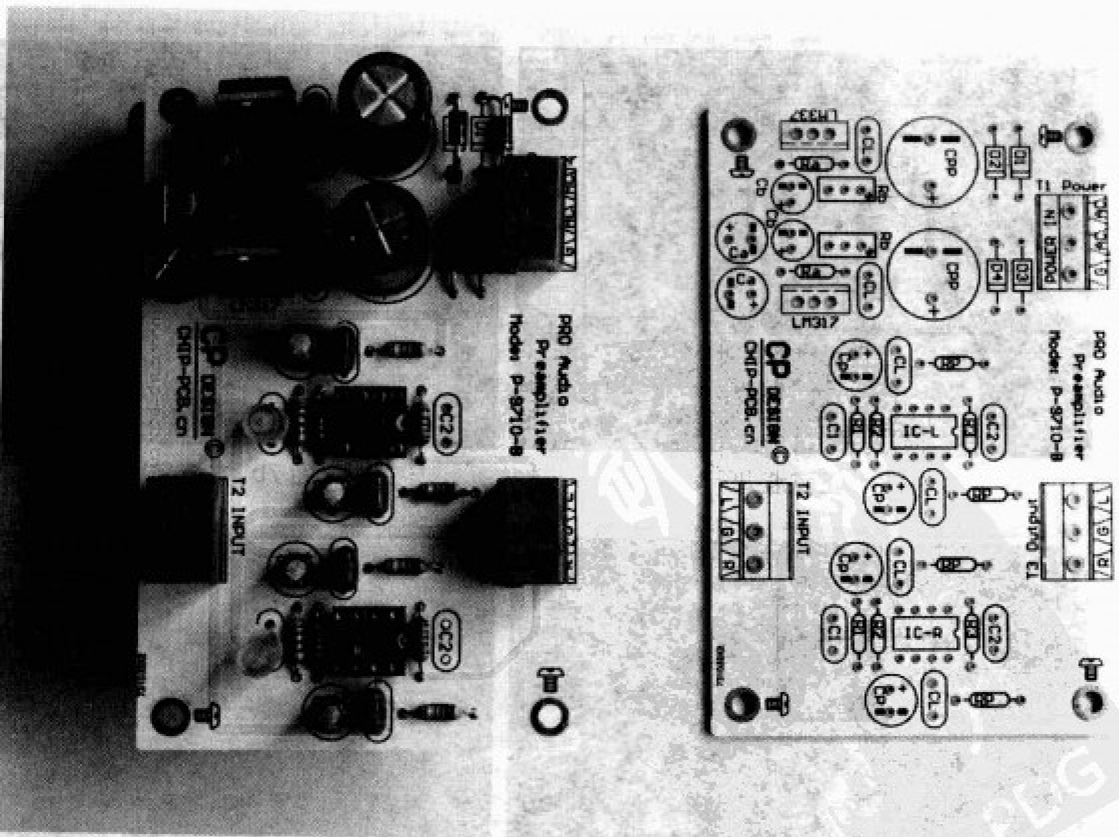
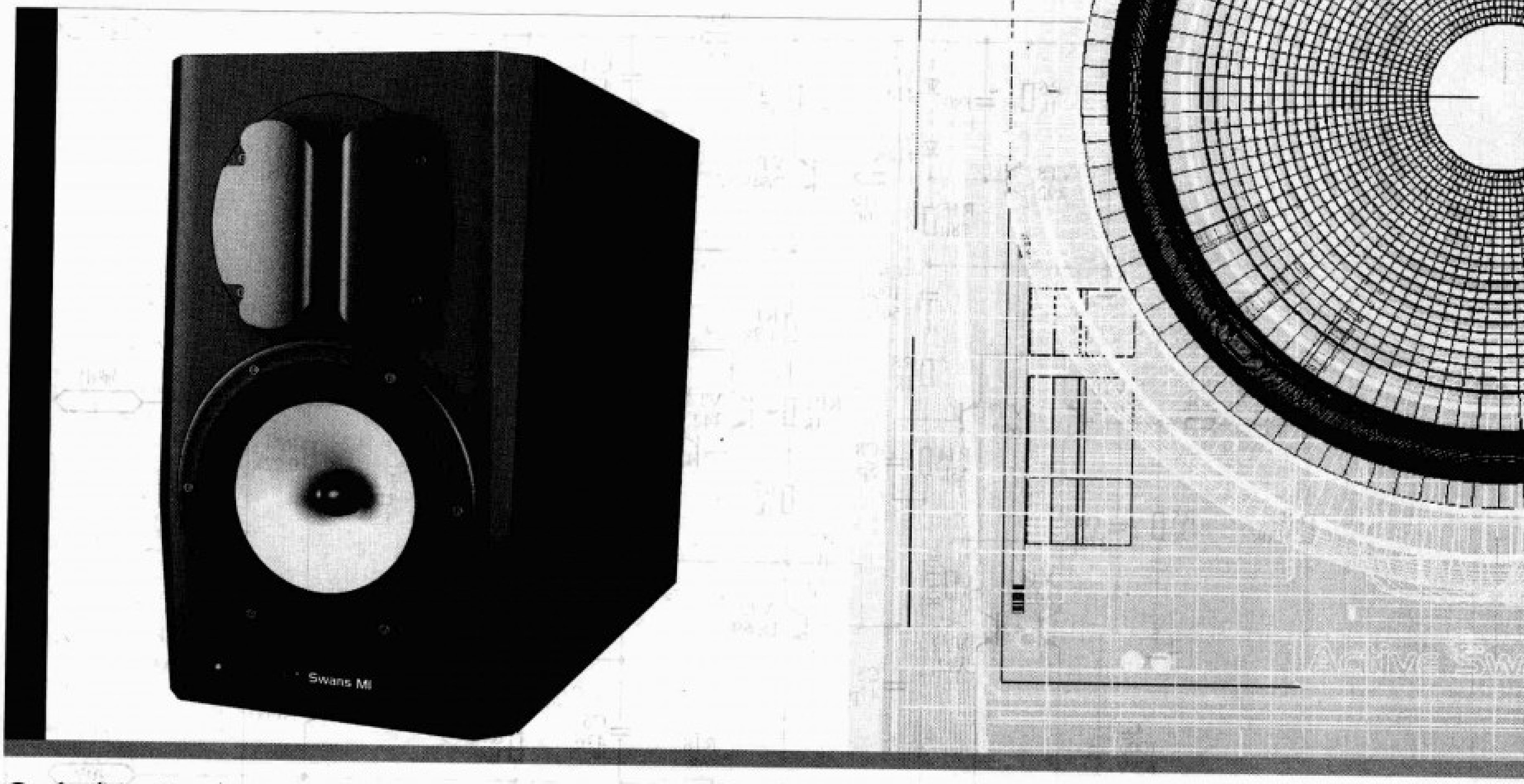


图9 运放测试板

DIY有源电子分频的M1监听箱



○ 文/blue7

手里的这对惠威M1套件箱已经跟了我10年，有一天，忽然心血来潮"把这对老箱子改造成有源的监听箱，不是也很好么？"说干就干，快10年没有DIY了，上网狠狠地恶补一下基础知识，顺便把丹拿BM5AC音箱拆解一下，作参照。

1.设计思路

作为有源音箱，最主要的就是把电气部分和箱体整合起来，参考丹拿BM5AC声学的监听音箱外形，决定保持和原无源M1相同的8.3 L内容积（图1a）。如果完全采用M1原来设计的导相管开口（图1b）倒是省事，但是音箱的后面板部分的面积就太小了，无法安装变压器。于是重新设计了扁口的导相管（图1c），这样就可以在不增加音箱体积的情况下扩大背面板的面积，还可以将变压器安装在背板上。

如果这款M1音箱能达到监听音箱的基本要求，那么在有效频段内频率响应的不均匀度不能超过±3dB、150Hz以上频段的标准声压要达到85dB以下、失真应不超过1.5%、最大声压要高于105dB。明确了目标后，改造音箱的思路也渐渐清晰，决定采用有源电子分频，双放大器，每声道功率为50W+50W，带专业平衡输入。

2.放大器的选择

以前曾做过这样的测试，用不同放大器推动相同的音箱，在同样的音量时会有相差10倍的THD失真。监听音箱当然

(a) (b) (c)

图1 M1音箱外观

是要求失真越低越好，查找了很多放大器资料，可选择的电路虽然很多，但大部分电路没有给出比较客观或比较权威的测试数据。对一些主观听感的测试报告，我是持怀疑态度的。在个人DIY的情况下，制作、调试及指标控制是比较困难的。不同的箱子、不同的听音环境写出的听感报告是不能作为准确参考依据的。也曾考虑过国半的LM3886，IC放大器的制作相对要简单些，容易保证基本的质量，但在大动态的情况下，IC放大器控制力还是有些欠缺，不能达到我的理想要求。最后找到了一款由音乐传真X50电路改进而来的MX50（图2）。这是一个采用准互补的放大电路，有一对放大管，不需要配对，制作者ljm先生已对该电路进行了数版本地修改，各项指标可以说已优化到比较理想的状态，其中有AP2音频测试系统的完整实测数据（AP是美国Audio Precision公司的音频测试系统，被业内广泛认可，可更精确地分析音频设备

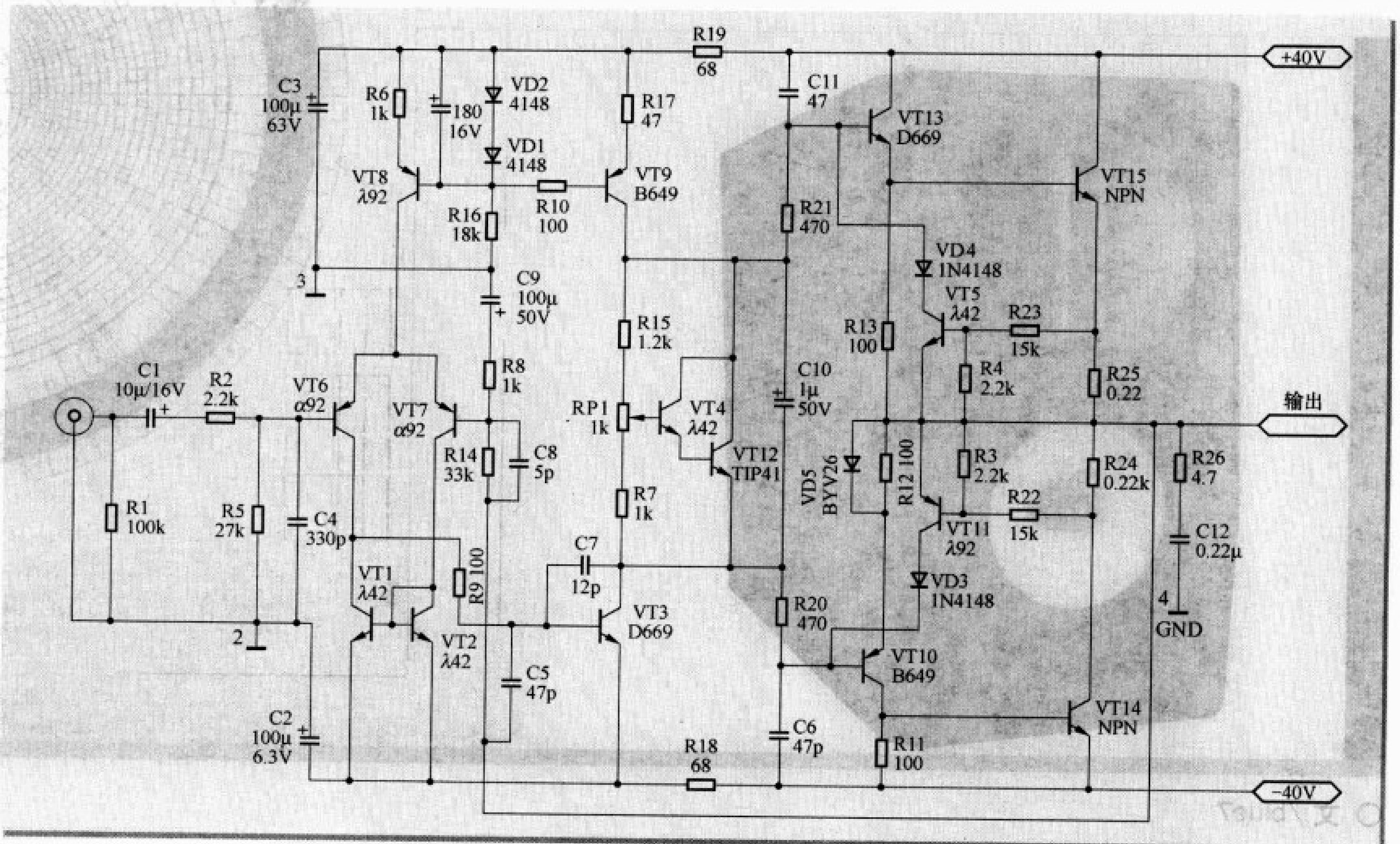


图2 功率放大器电路

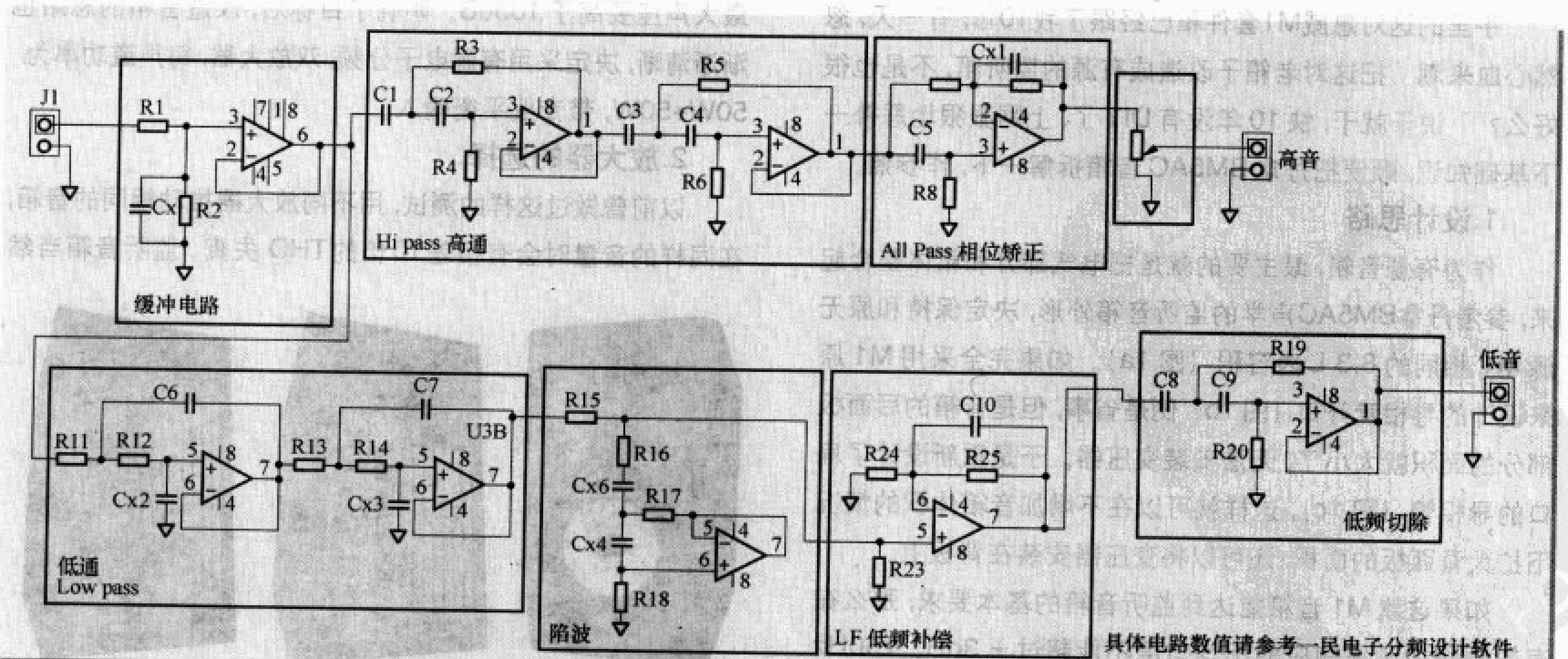


图3 电子分频电路

的各种参数)。

3.电子分频器的选择

电子分频部分的制作资料是在http://bbs.hifidiy.net/viewthread.php?tid=49394&extra=&page=1中找到的，这是一份比较详细的电子分频装机资料，还有配套的电子分频电路板的PCB，这些资料给我的制作提供了很大的方便。图3所示的是电子分频器的电路图，还有一个重要部分就是输入的平衡转换和前级放大部分。我一直很喜欢以NEVE SSL等为代表的高级调音台的声音，因为它们无论从指标还是听感都可以说是代表了模拟电路的最高水准，而高级调音台的一个重要零件就是合金输入输出变压器。优秀的合金输入输出变压器有着很强的共模抑制能力，可以将输入噪声降低到最小并且还能在超出频率响应范围之后滤除数码音源的高频噪声。唯一问题就是价格昂贵，我在网上找到了一款国产的铍镆合金输入变压器，商家提供了测试数据，看来还是很不错的。

4.调试过程

所有的调整暂时在无源的M1音箱上进行，通过YAMAHA AW4416音频工作站调节均衡和补偿（图4）。

先用手边现成放大电路板做调试，这是由2片TA2024组成的放大电路板，它体积小，功率只有5W，这个板子用起来很方便，也不怕操作失误而烧掉扬声器。因此花点时间接了几条线，然后用双放大电路板连接M1音箱(DIY的M1音箱是可以双线分音的)，接上电源，OK！有声音了，功率小点儿，但声音不错，高频有一点点小颗粒感觉，层次很清楚，感觉潜力不小，低频不好说，因为这是M1音箱的特点。马上又接一条线给丹拿声学BM5AC监听音箱，对比两个音箱的声音，挺明显的，M1音箱的中低频厚度确实不够。于是用参量均衡器(EQ)进行调整，哈哈，顺便说一下，我是双声道的双路放大器接音箱上的分频器，两个声道是独立的，调音台和声卡的跳线都是可以独立选择的，所以，高音和低音通道都挂上了参量均衡器(EQ)，调整之后，把低频提升了一点，在120Hz，Q值为1，提升4.5dB，中频压下2dB，这样声音比较平衡，爽！这才是超强的电子分音效果。

挂上百灵达ECM8000声学测试话筒，在数字调音台上用参量均衡器(EQ)进行调整，通过电脑看两个音箱声音的实时变化。图5所示的是频率响应曲线(距离20cm)，这是分贝计测出来的实际声压。图6所示的是THD的失真特性，可以看出失真比较大。丹拿BM5AC音箱的曲线如图7所示，从图7可清楚看出，丹拿音箱的1kHz信号的谐波失真明显小于

▶图5 M1音箱频率响应曲线

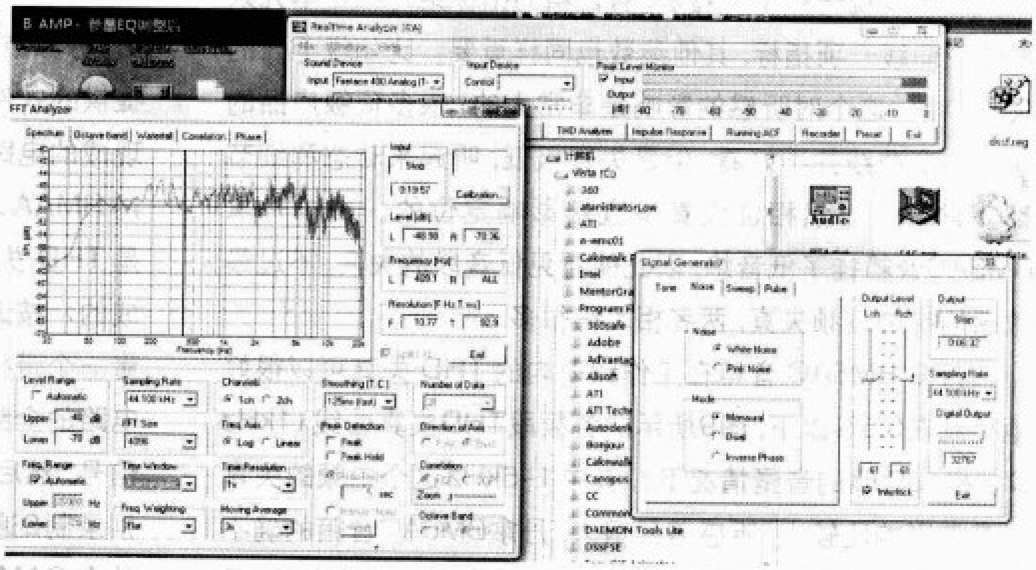


图4 YAMAHA AW4416音频工作站

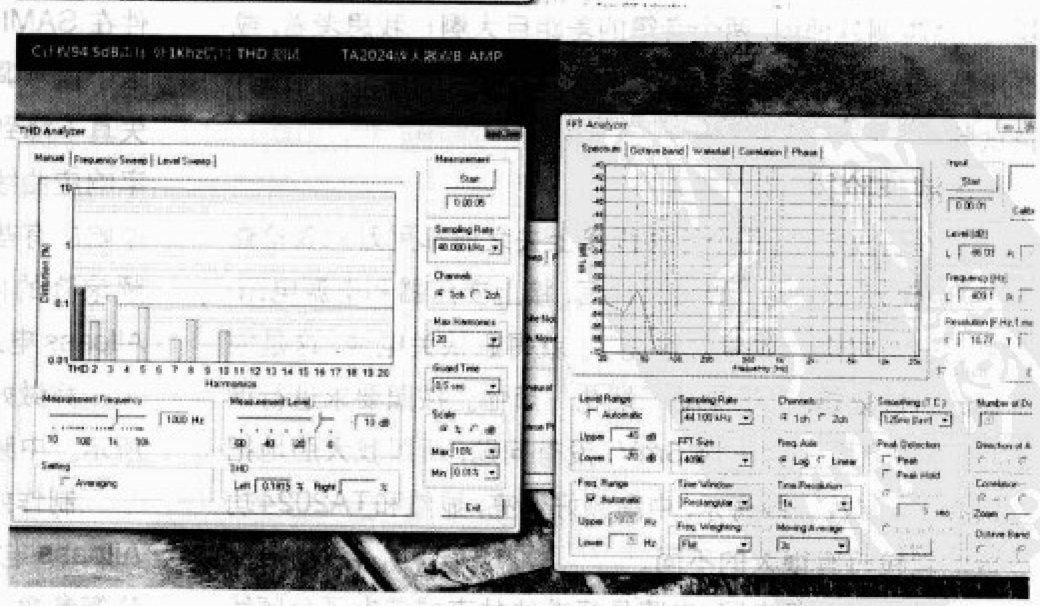


图6 M1 THD失真曲线

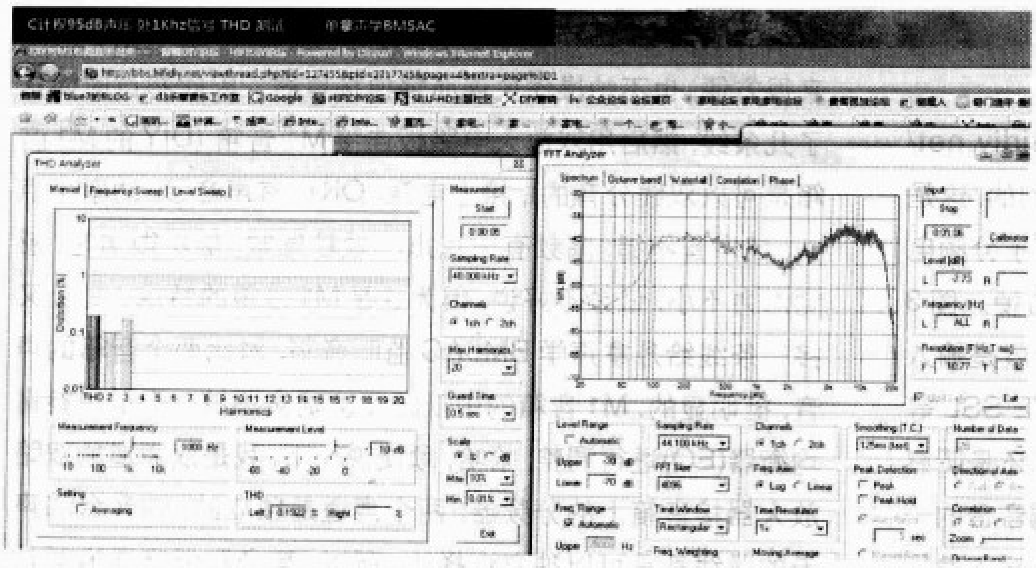


图7 丹拿 BW5AC 音箱 THD 失真曲线

M1 音箱，因为 M1 音箱 的分频点在 4.5 kHz 左右，低音盆的分割震动严重影响了谐波失真，而丹拿音箱的分频是在 1.5kHz，所以高次谐波已经基本跑出了低音单元的频率范围。这个我暂时不考虑，我想给电子分频加上放大器，抑制一下失真，现在首要任务就是把频率响应尽可能做平了。于是继续用参量均衡器(EQ)进行调整，得到的测量曲线如图8所示。很明显，曲线更平了，哈哈！这应该是影响听感的一个重要因素，过了 10kHz 曲线翘起来应该是采样精度不够造成的。

这里要说一点个人看法，看音箱的指标绝对不是单凭频率响应曲线一项指标，其他参数也同样重要。比如说上面的失真参数，这个对听感的影响是非常大的，很多顶级产品的频率响应曲线并不好看，但是失真极低，听起来动态和细节都非常好，当然相位失真是直接影响定位的。由于丹拿 BM5AC音箱挂了低音炮，因此能看见低音段的失真，不过最敏感的是中高频失真，两者相差得很多。

丹拿 BM5AC 音箱在工作频率内的 THD 失真可以很好地控制在0.5%以下，图9所示的各频段THD失真曲线（1kHz C加权，95dB 的音量情况下），其中1~5kHz这个中频的失真对声音影响比较大，听感差异很大，丹拿BM5AC音箱的确不错，数据越测越郁闷，两个音箱的差距巨大啊！我思考着，或许甩掉那个功率分频电路之后，数据可能会好一点，一切有待试验。

5.制作阶段

制作功放电路。每个零件焊接上去之前都用万用表检查一下，确保万无一失。焊接完成后，接上变压器和电源电路，再串上一个灯泡。如果灯泡亮了，就得赶快关电源，这是刚学会的调试秘籍，可保免受“烟花”烦恼。按照要求进行调试，测得中点电压为－16.5mV，没有问题，所以我大胆地把音箱接上。先放一段音乐，中高频好漂亮，显然和TA2024功放板的颗粒感有很大的不同。

焊接电子分频电路。电路是标准的林克威茨电子分频线

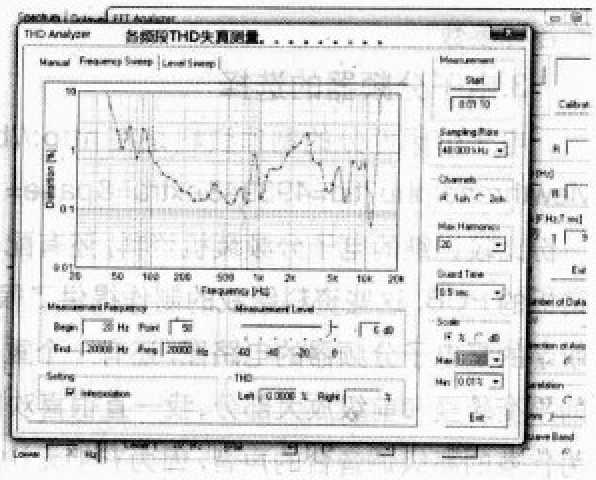


图8 M1 音箱频率响应

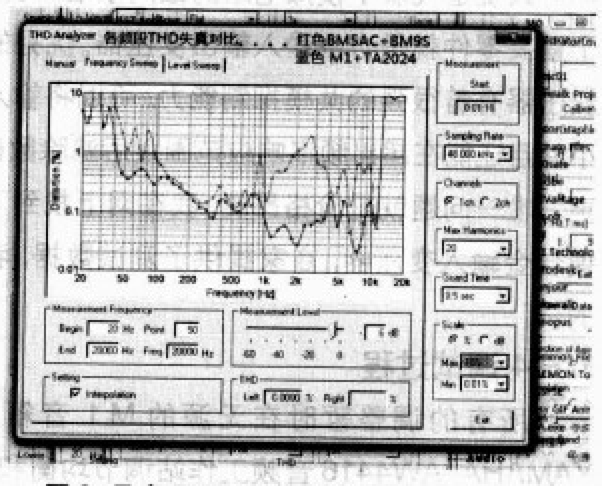


图9 丹拿 BM5AC 音频各频段 THD 失真

路，分频点在 4.5kHz，与无源 M1 音箱一致。用 hifidiy 网上提供的软件很方便(所有设计的软件在该网络中都有)。没有现成的电路板，暂时用洞洞板搭一套。接上专业声卡，然后用 RMAA 软件做测试。从分频点来看，已经没有问题了，但是 THD 失真很大，这是为什么呢？会不会是分频的相移造成的？按道理 THD 一般都是测全频带的，我这么做，等于测量一个带相移的滤波电路，的确很另类。那么怎样测出这个电路的全频带合成信号呢？嘿嘿！简单，用RMAA生成测试信号，然后去 Samplitude （专业音频工作站软件）里面分别录制2遍(第2次将信号左右声道调换)，录制的2个波形文件在 SAMI 里面合成，哈哈，用软件来做合成模拟，最后再把这个信号调入RMAA作评估，结果终于出来了。看啊！THD 失真下降到0.037%，这个失真真的可以接受了。此时再看频率响应曲线，是比较标准的分频合成的效果，除了高频的频率响应有些因相移造成的衰减，其他方面都还是不错的。低频滚降的问题需要一个低频的补偿电路，高频需要一个 Allpass 电路进行修剪，很好，有进展了。

将做好的放大器与分频电路连接，测出来的曲线如图10所示。中频突出很多，的确需要一个低频补偿电路。

制作好2块电子分频电路，将低频补偿电路（图11a）和 Allpass 电路 （图 11b）装上，并按照数字调音台上的参量均衡参数为基准。为了调试方便，这 2 个部分电路的电阻都

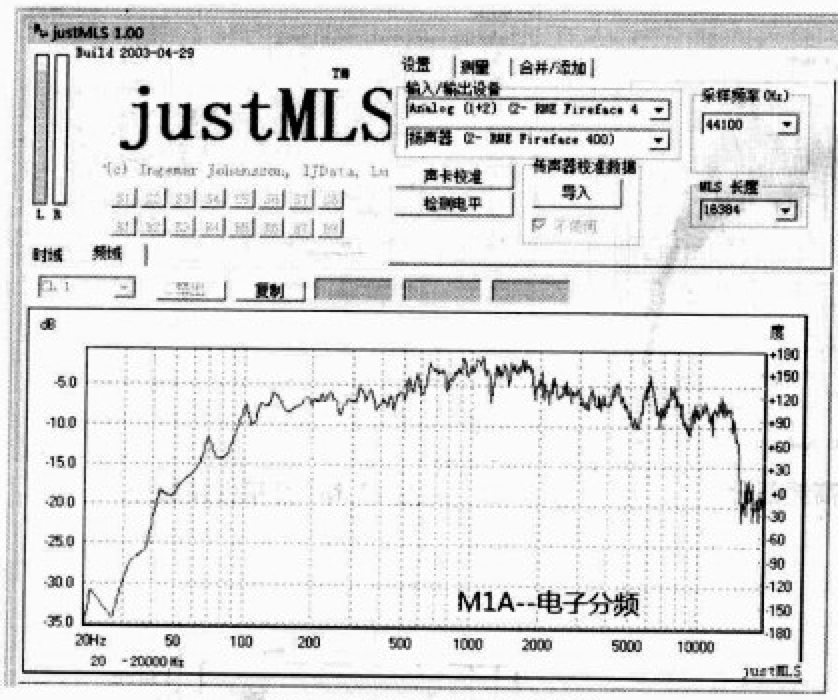


图 10a M1 音频电子分频曲线

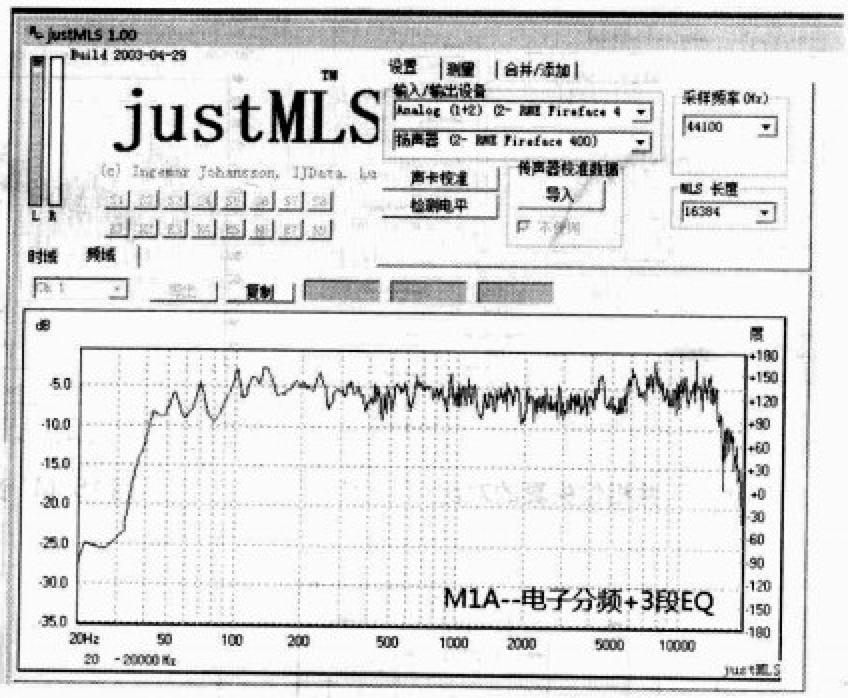


图 10b M1 音箱电子分频曲线+3 段 EQ

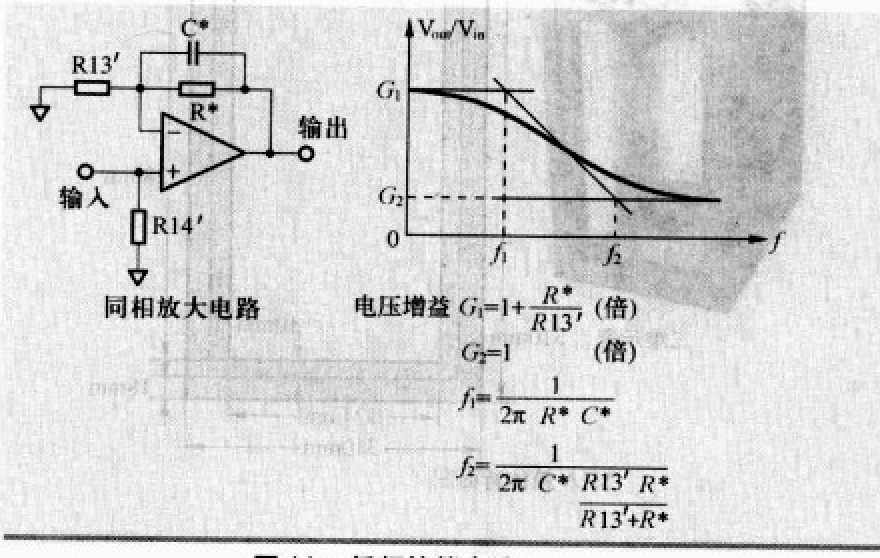


图 11a 低频补偿电路

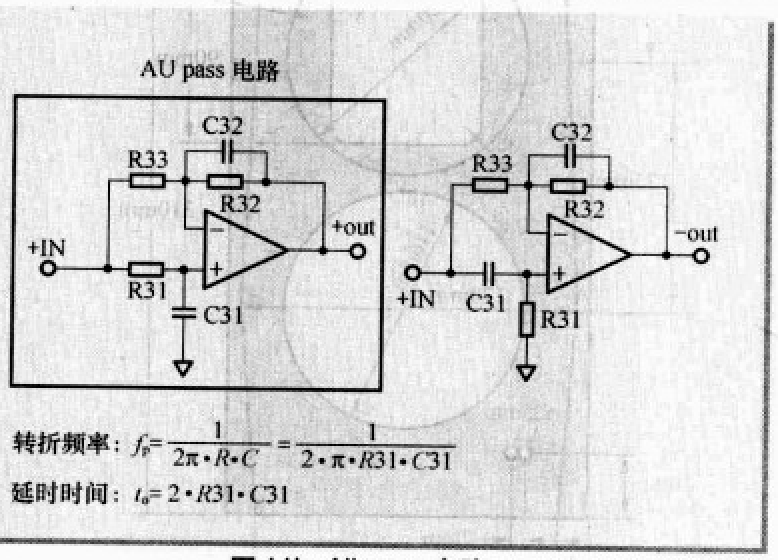


图 11b All pass 电路

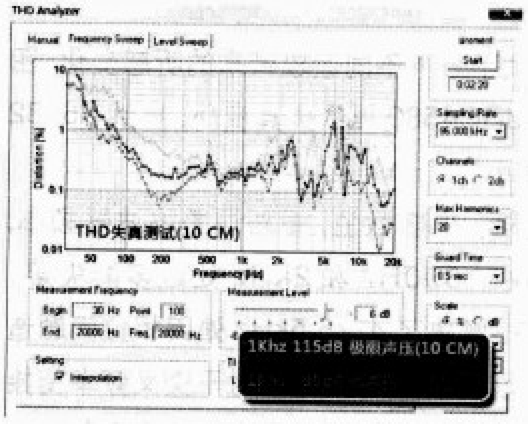


图 12 M1 音频 THD 失真

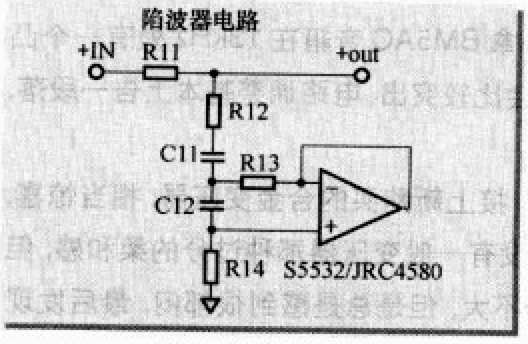


图 13 陷波电路

换用了可调电阻。经过漫长的测量和调整，测试数据非常理想，失真比较小，基本上都控制在 1% 以内（图 12）。

经过两天的忙碌，双声道音箱终于开声了。与之前无源的版本音箱相比，最大的进步就是音场宽了、低频比较霸道、下潜很深。测试时发现 40~50Hz 处的衰减只有 2dB，低频到 35Hz 反应还很强烈。与丹拿 BM5AC 音箱有很大的区别，丹拿 BM5AC 音箱在 1~1.5kHz 范围略微凹下去，所以人声内敛，定位靠后。而我的音箱分频点高到4.5kHz，所以人声比较突出。简单地讲就是丹拿BM5AC音箱的唱歌人在乐队中，我的音箱的唱歌人站在乐队前了，不过目前电路板上还有一个单元可以用，正好做一个陷波电路，使 1kHz 下降 2dB 左右，希望就在眼前了。

图 14 两种 IC 应用的失真变化

制作一个声道的陷波电路(图 13)，发现这个才是最难做的部分。调试了半天，成果显著，音色更进一步圆润，放

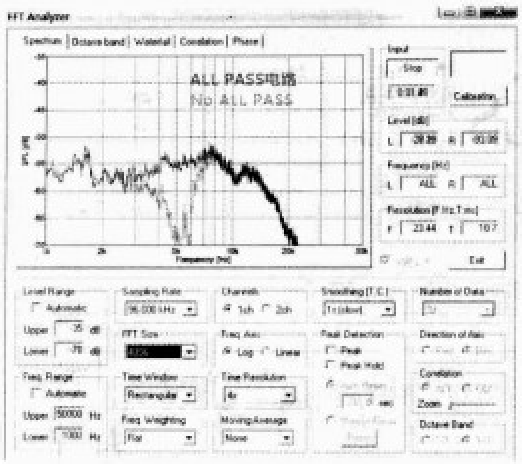


图 15 共相位失真的对比

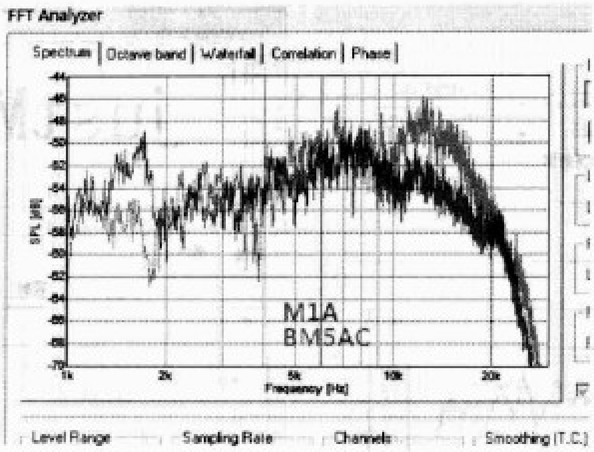


图 16 M1 音频高频部分

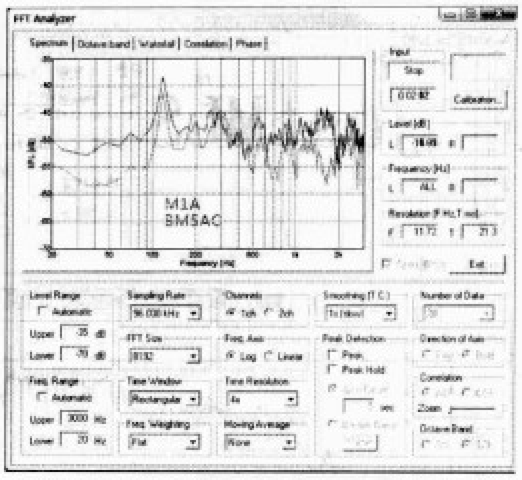
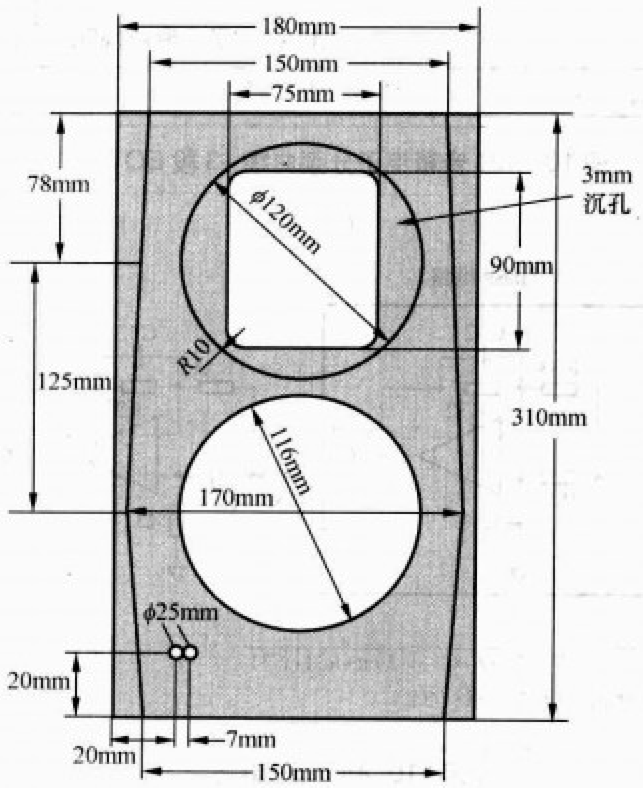
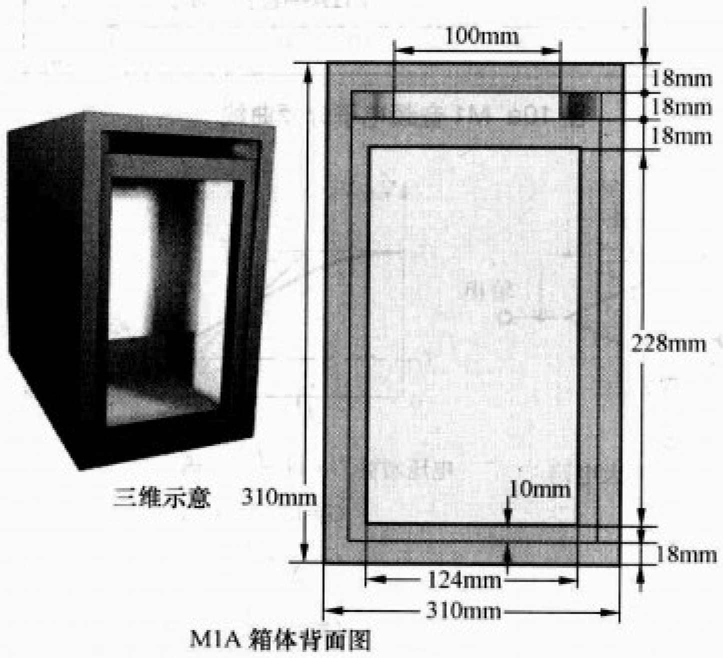


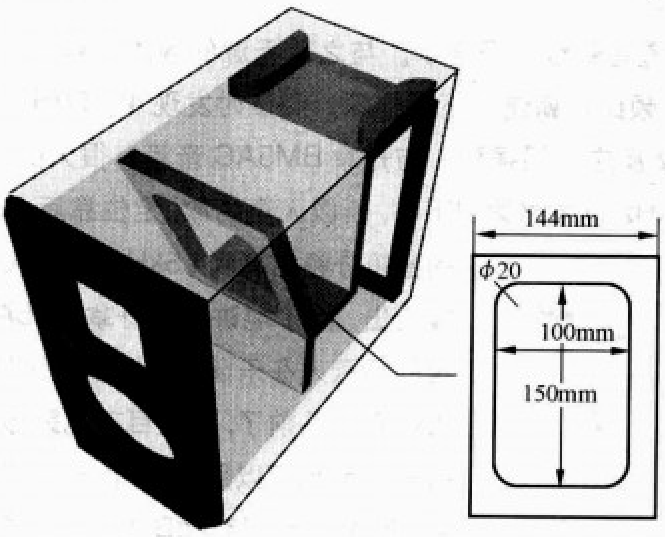
图 17 M1 音箱低频部分



M1A 箱正面图
图 18a



M1A 箱体背面图
图 18b



M1A 内部加强筋
图 18c

蔡琴的歌太好听了，顺便测试了一下不同运放带来的听感变化，图14所示的是将S5532换成JRC4580后的失真变化，显然S5532在这个电路中的高频失真更小。

重新调整图13中的电阻、电容数值，重新调整陷波器频率，低频补偿出现了变化，解决了500Hz和2kHz处过多的失落。Allpass电路也作重新调整，解决了4～5.5kHz处因相位问题造成的凹陷（图15），很明显地看出Allpass电路对于交叉频率衔接点的相位补偿作用。用2个箱子作对比测试，M1音箱在高频部分（图16）和低频部分（图17）都有很明显的改善，120Hz的干扰是房间驻波干扰造成的。丹拿BM5AC音箱在13kHz处有一个凸起，所以空气泛音和临场感会比较突出。电路调整基本上告一段落，指标上的调整基本完成。

订做箱子到了（图18），接上新购买的合金变压器，相当惊喜，高频延展很好、很通透，绝没有一般变压器那种过分的柔和感，但居然也有交流声，虽然声音不大，但是总是感到很郁闷，最后发现用非平衡接法噪声较小（图19）。

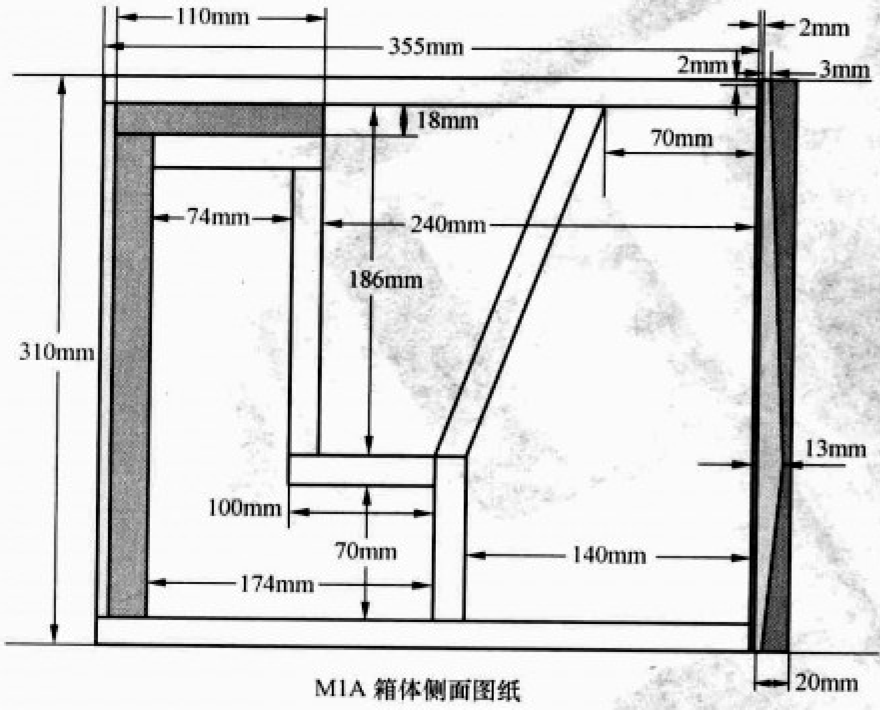


图 18d

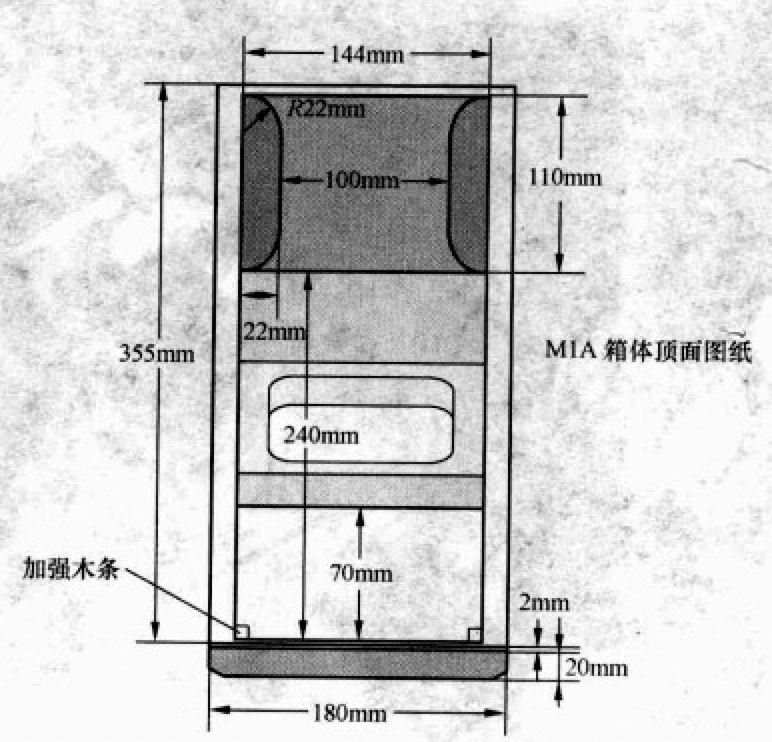


图 18e

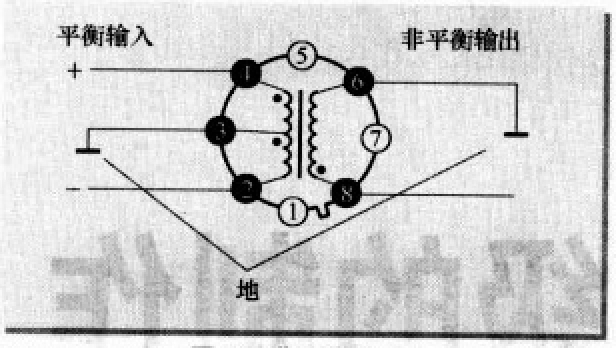


图 19 非平衡接法

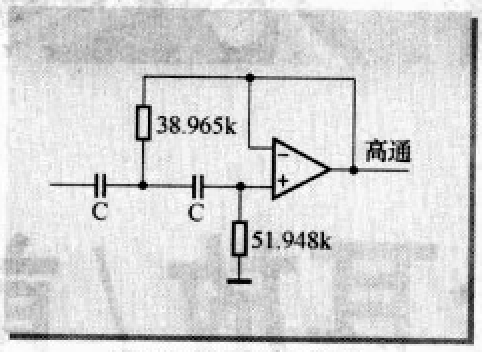


图 20 低频切除电路

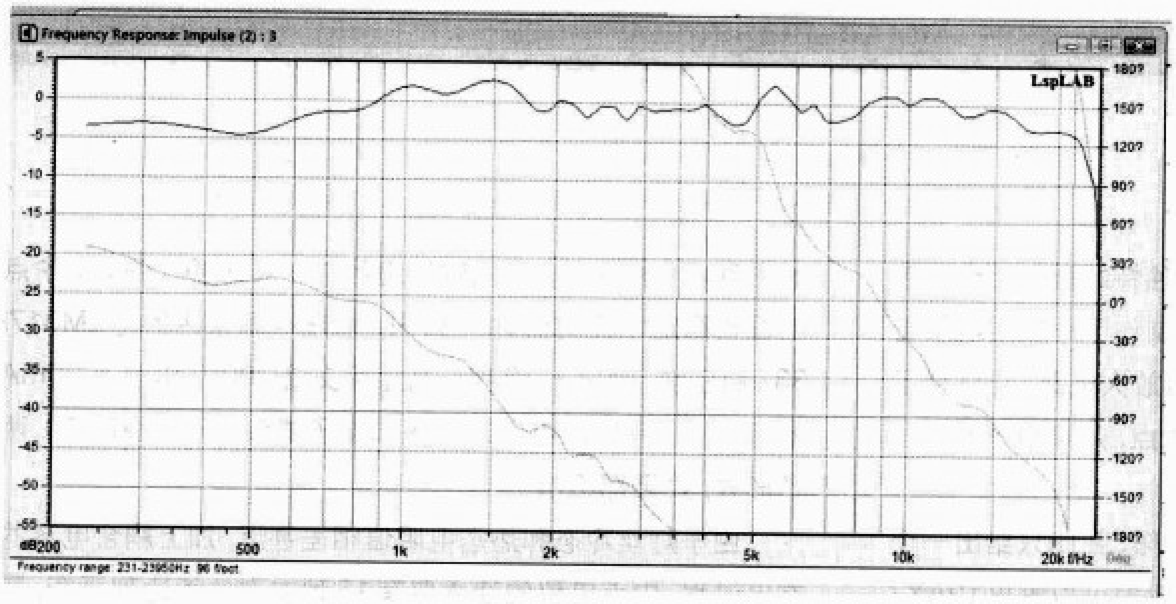
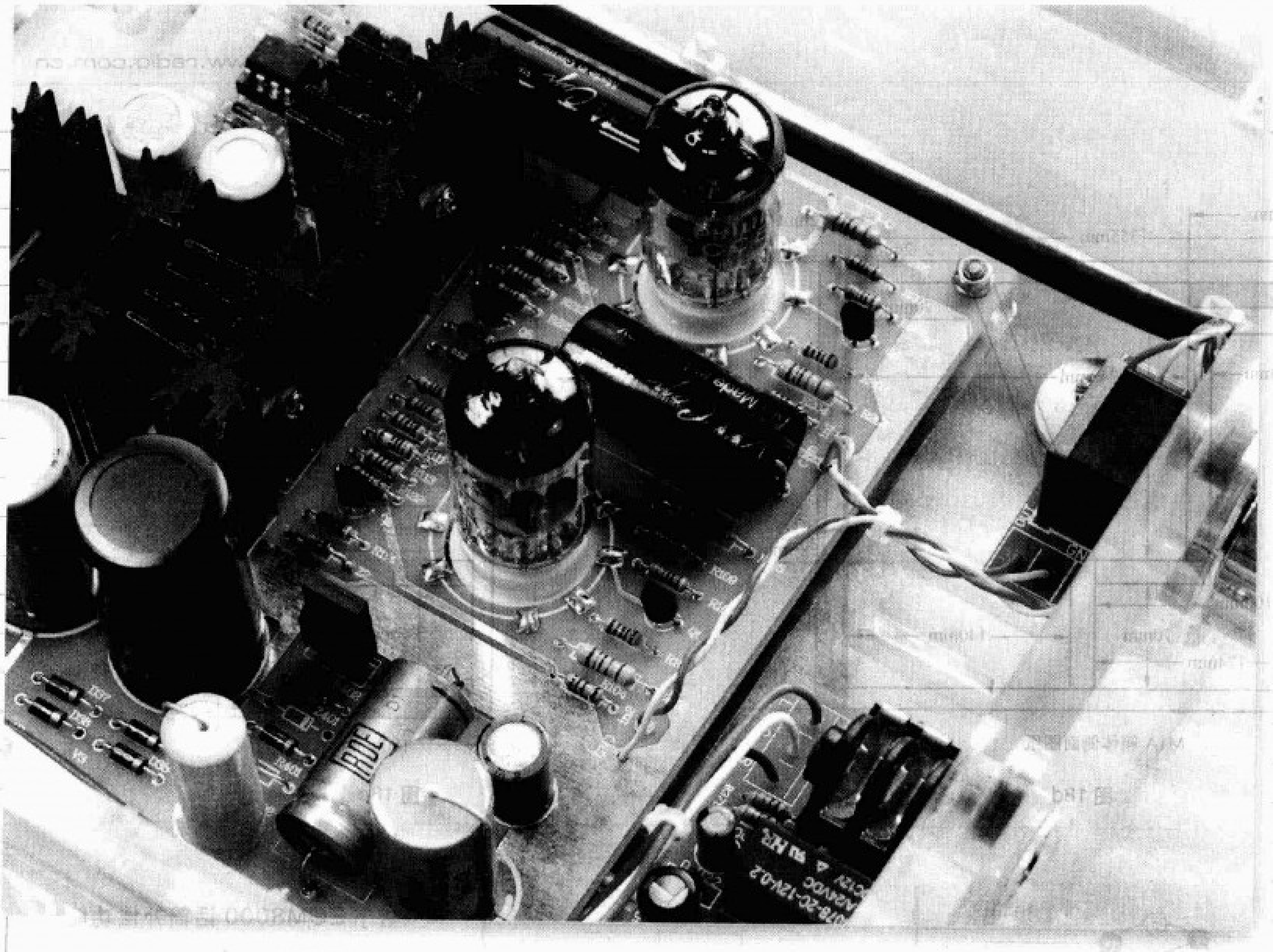


图 21

试听了好几天，最后决定把原来的低频增益电路改成了低频切除电路（图20）。因为低频补偿电路的存在，低频提升太多，延伸有点过，很容易造成单元低频失真，这样最大的音量放不开，承受功率下降，低频质量也不够好，因此我做了一个 45Hz 的低频切除，就是要留下相对高质量的低频。

用 Loud Spdader LAB2 测量软件可以得到接近消声室的测量结果。这个软件自带了 ECM8000 话筒补偿功能，测试结果如图 21 所示，显然，高次的失真比以前小了很多，这给我的有源 M1 音箱的制作画上一个暂时的句号。

目前电子分频已开始流行，专业厂家的中小监听音箱都采用这种方式，它可以将扬声器的性能发挥到更高的水准。电子分频可调整的余地比较大，所以设计制造的观念有很大变化。对 DIY 的爱好者来说，测试手段是非常重要的环节，全靠听感是非常困难的，尤其是想做频率响应平直的音箱。在设计中计算出来的数据，不在实际中调整几乎不可能达到预期的效果。电子分频线路并不复杂，但各种补偿电路是绝对不能少的，否则曲线就达不到基本的要求了。难怪很多爱好者玩了电子分频后，都选择放弃，其实就是缺少必要的调整方法。我的电子分频的电路还要继续作新的优化，要将有源监听音箱那些可调整功能都做出来，尽量做到完美。



胆石混合耳放/前级的制作

○ 文/午后红茶

电子管虽然已经诞生很久了，但它独特的音色至今仍迷倒了不少玩家。为了追求这种音色，我制作了一款用电子管做电压放大、晶体管做电流放大的前级放大电路，它结合了胆管音色优美、晶体管输出阻抗低的优点，效果相当好。

1.电路原理

电路原理如图1所示（由于篇幅所限，在此只给出一个声道的电路），PCB板图如图2所示。从图中可以看出12AX7做输入差分放大，K246构成恒流源做阴极负载，以求得高信噪比的放大能力。第二级用K246和TIP41C三极管组成复合管形式的射极跟随器作电流放大。用场效应复合管是为了提高输入阻抗，与12AX7屏极高阴输出相匹配，并有很高的灵敏度。该电路输出形式是甲类单端放大，它巧妙地利用了胆管的灯丝当单端输出的负载电阻，这样既减轻了电源的压力，又减少了整机的发热量。低压部分采用正负供电形式并配用直流伺服电路，取消输出电容进一步拓宽了频响，中点电位能稳定地控制在3mV以内。低压电源采用的是LM317/337稳压块，输出±12.6V，高压用交流200V，电流有20mA就可以了。高压供电采用稳压和电子滤波（不装稳压管）两种形式，效果都不错。

由于灯丝冷态和热态电阻值相差甚远，加上耦合电容的充电过程，中点电位的建立要有15秒左右才能达到平衡，建议加装延时输出装置（一般耳放保护电路都有此功能）。

2.调试要点

该电路的调试十分简单，低压和电源部分只要元器件没装错就不需要调整。中点电位和输出管工作点由伺服电路自动控制，需要调整的仅是胆管部分。由于K246管后缀号的不同和管参数存在一定的离散性，构成的恒流源要靠调整源极电阻来确定恒流值。调整R108的大小，使胆管屏极负载电阻

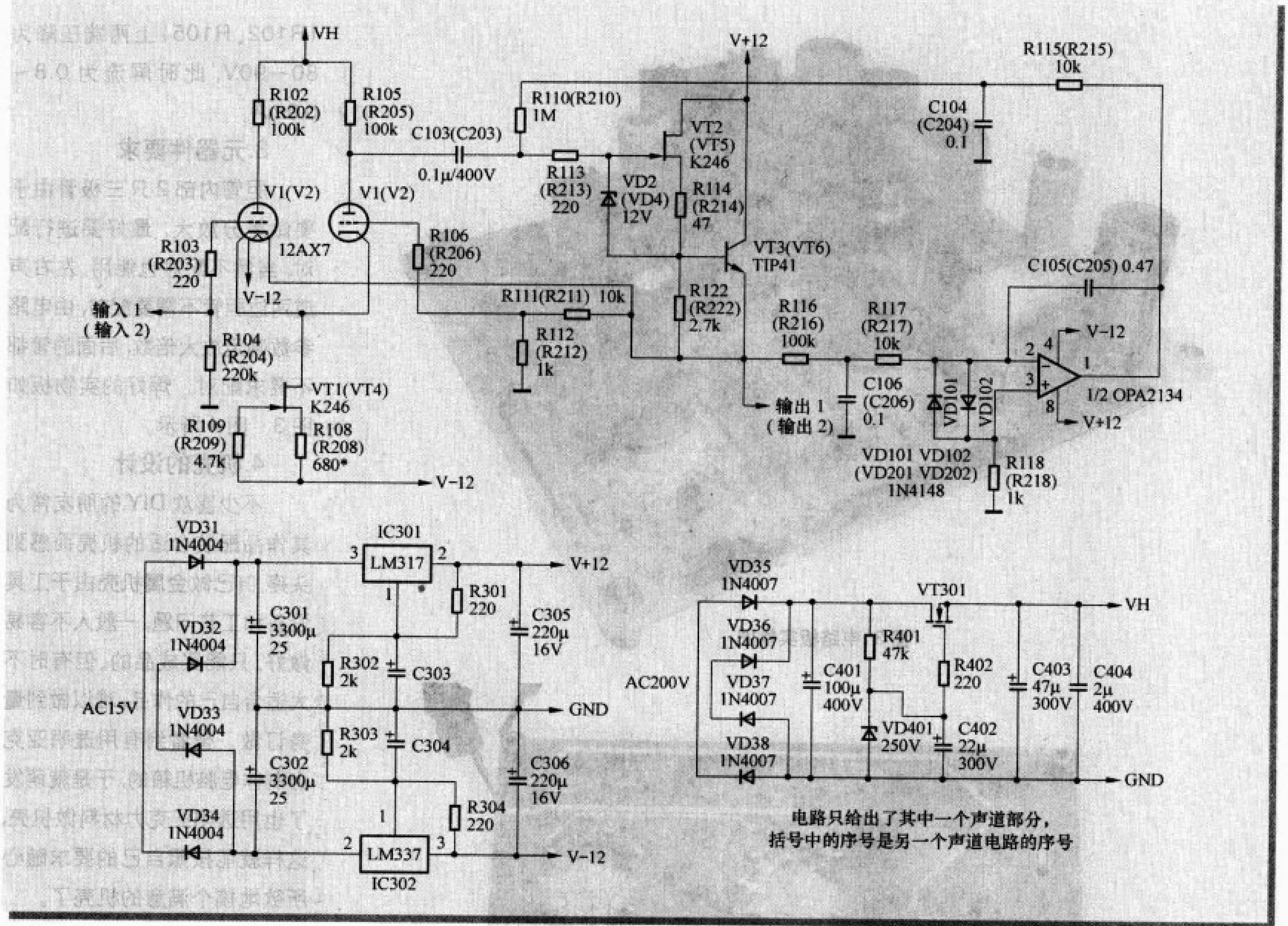


图 1 前级电路图

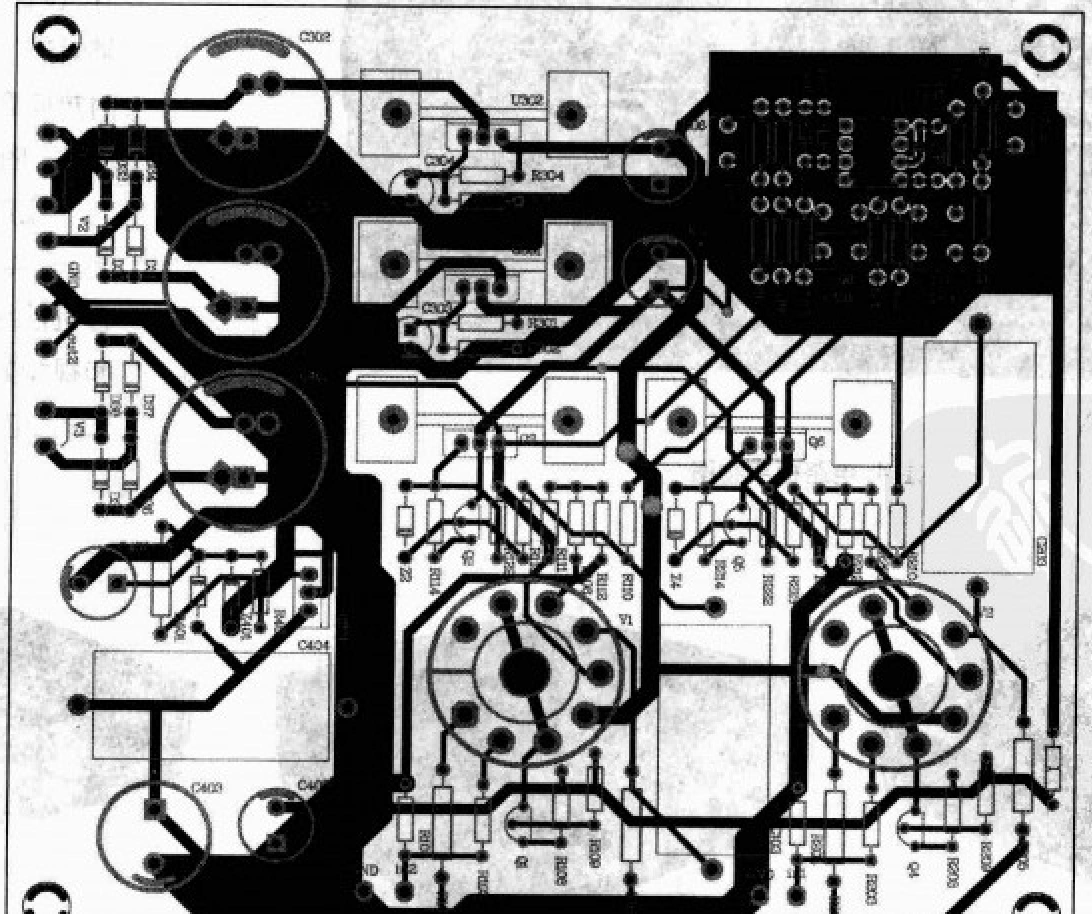


图 2 前级电路板图

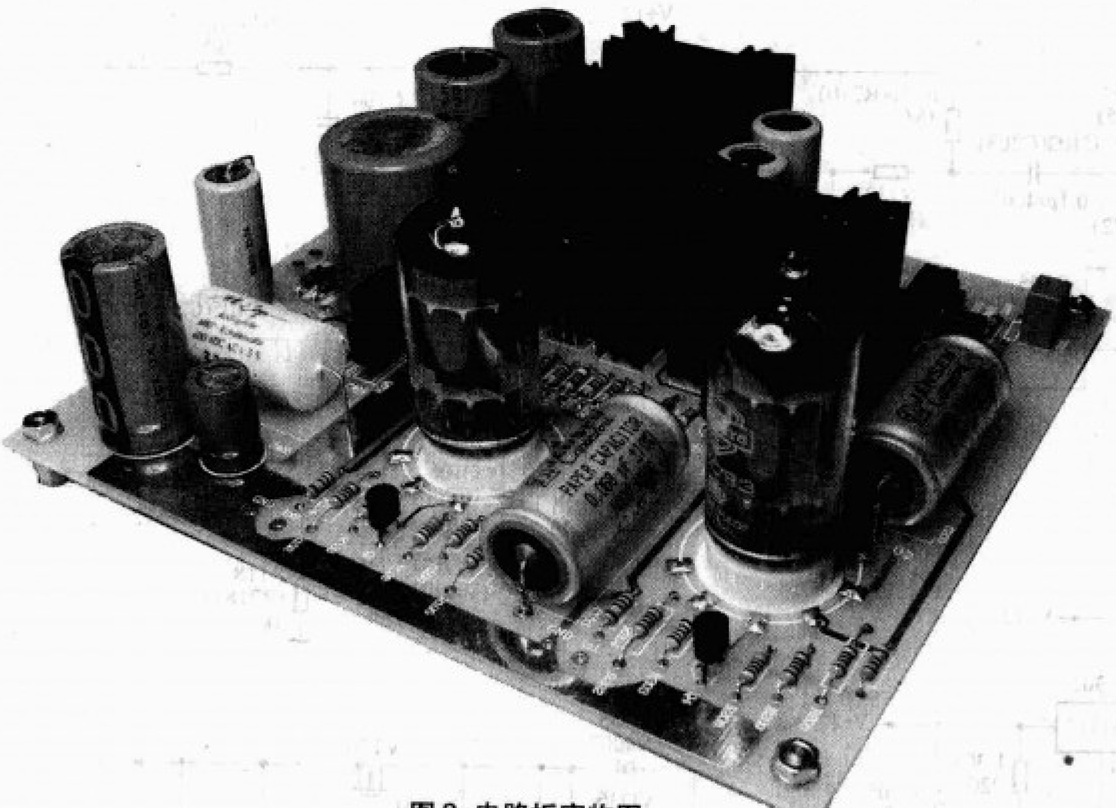


图3 电路板实物图

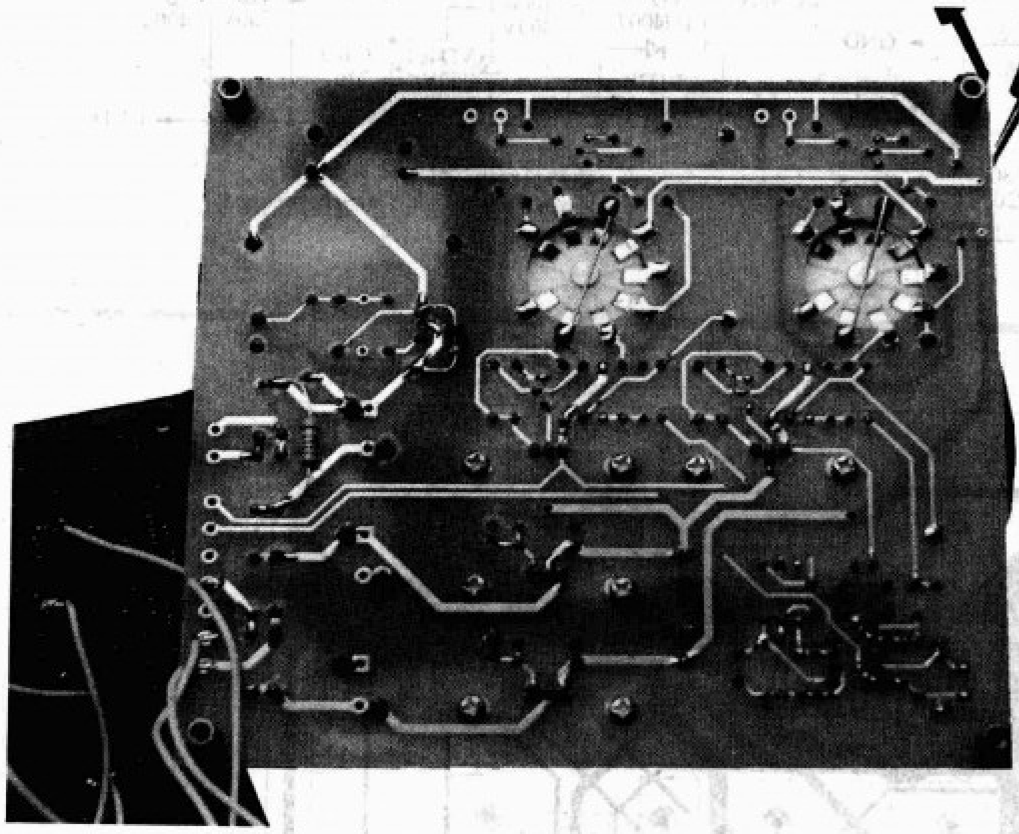


图4 电路板实物图

(R102、R105)上两端压降为80~90V，此时屏流为0.8~0.9mA。

3.元器件要求

胆管内部2只三极管由于要做差分放大，最好要进行配对，当然不配对也能用。左右声道两边胆管不需要配对，由电路参数确定放大倍数，后面的管都不要求配对。焊好的实物板如图3、图4所示。

4.机壳的设计

不少喜欢DIY的朋友常为其作品配装合适的机壳而感到头疼，自己做金属机壳由于工具设备和工艺问题，一般人不容易做好，只能买成品的。但有时不太适合自己的作品，难以做到量身订做。曾看到有用透明亚克力制作电脑机箱的，于是就萌发了也用透明亚克力材料做机壳，这样就能按照自己的要求随心所欲地搞个满意的机壳了。

首先自己确定好机壳的尺寸，设计好散热通道，让空气能够对流，这样就不用担心机壳的耐热问题了，设计的机壳外形如图5、图6、图7。

我用透明亚克力材料做外壳，一共做了3种款式的胆石混合机前级/耳放，个人认为使用和视觉效果都不错：一是分体式的，电源和主机分开，如图8、

图5

图6

图7

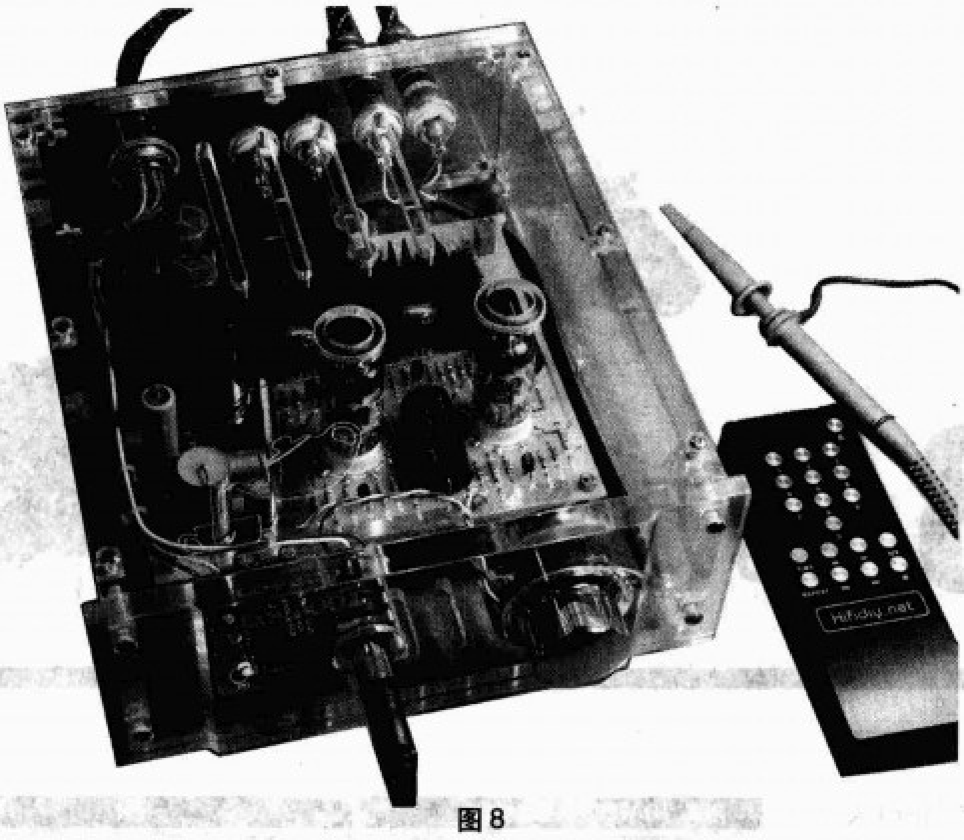


图8

图9所示。二是合并式的，如图10所示。三是平衡放大式的，如图11所示。

用非金属材料做机壳对DIY制作是个挑战，除了内部布局要好看外，主要由于缺少了机壳的屏蔽作用，布线不合理或接地处理不当都会造成底噪出现，因此，输入信号线跟其他线要分开走，距离拉开些，这是个要点，具体线路走向如图12、图13所示。

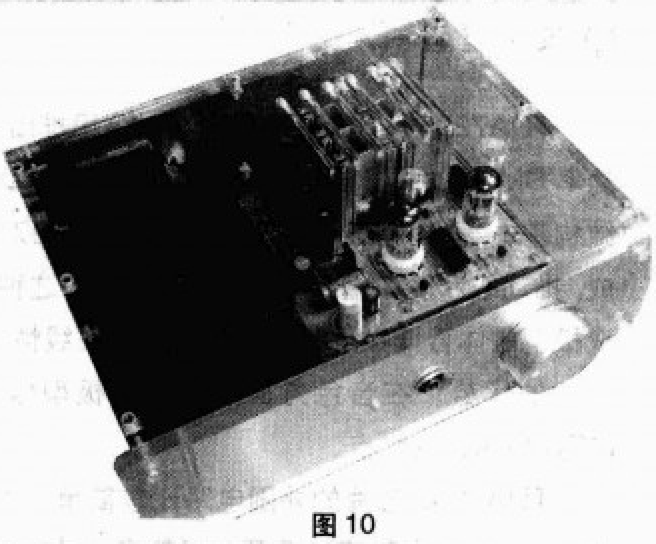


图10

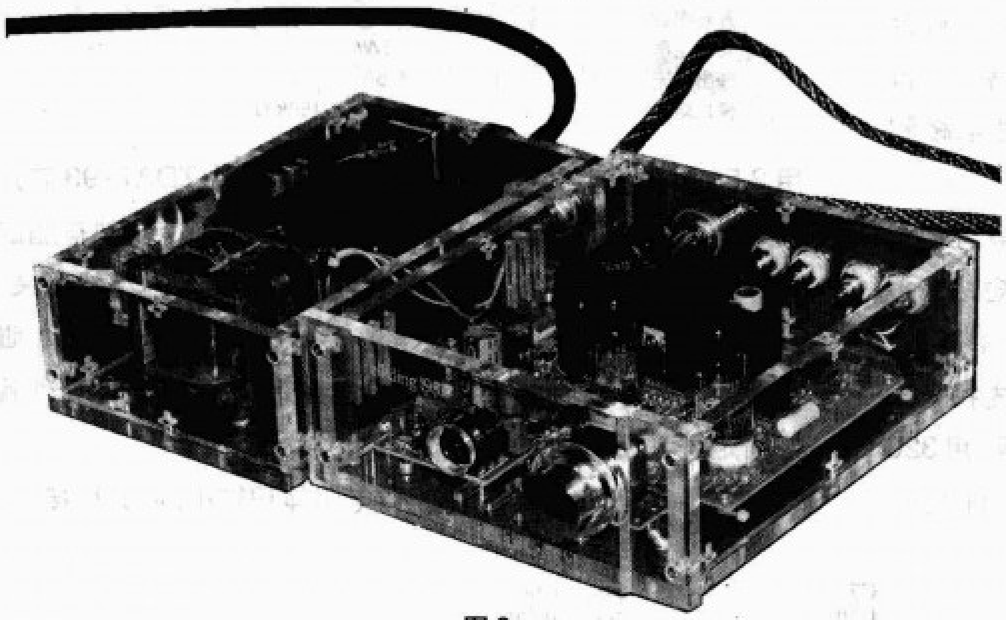


图9

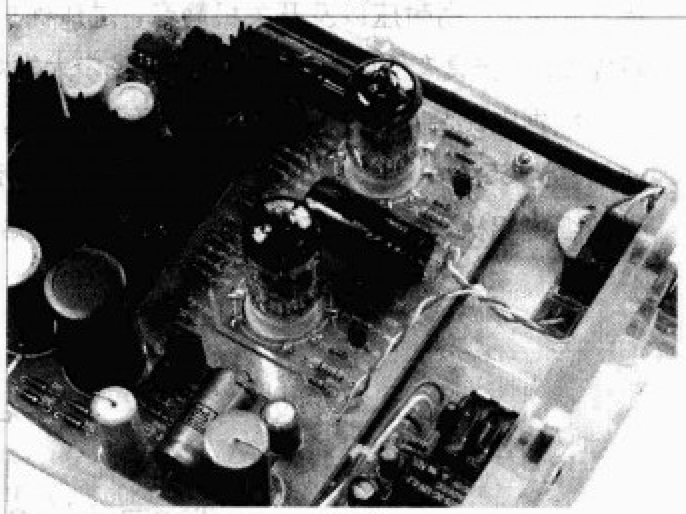


图12

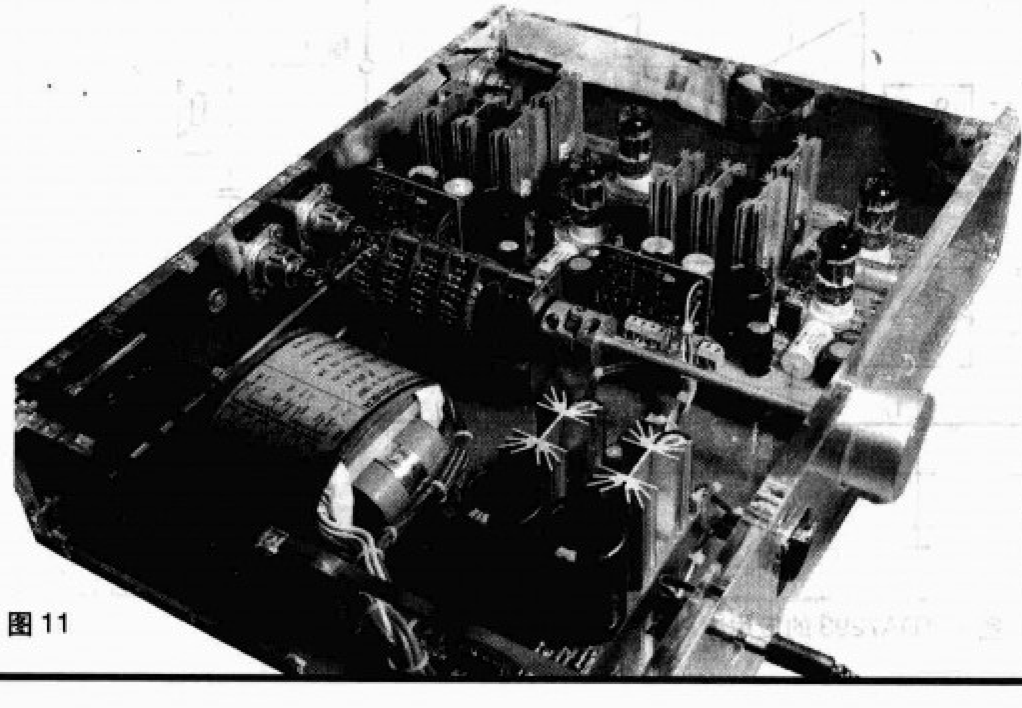


图11

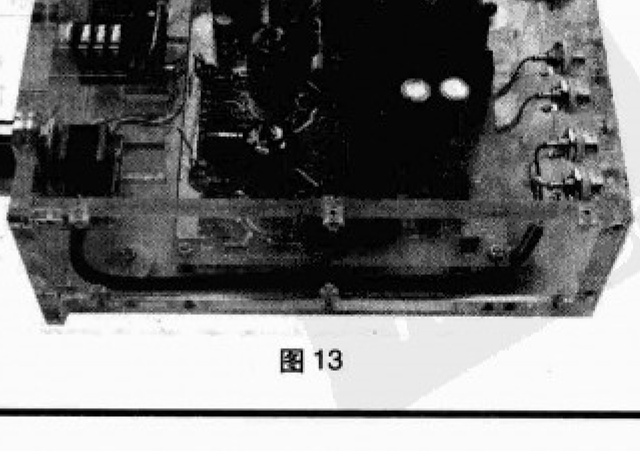
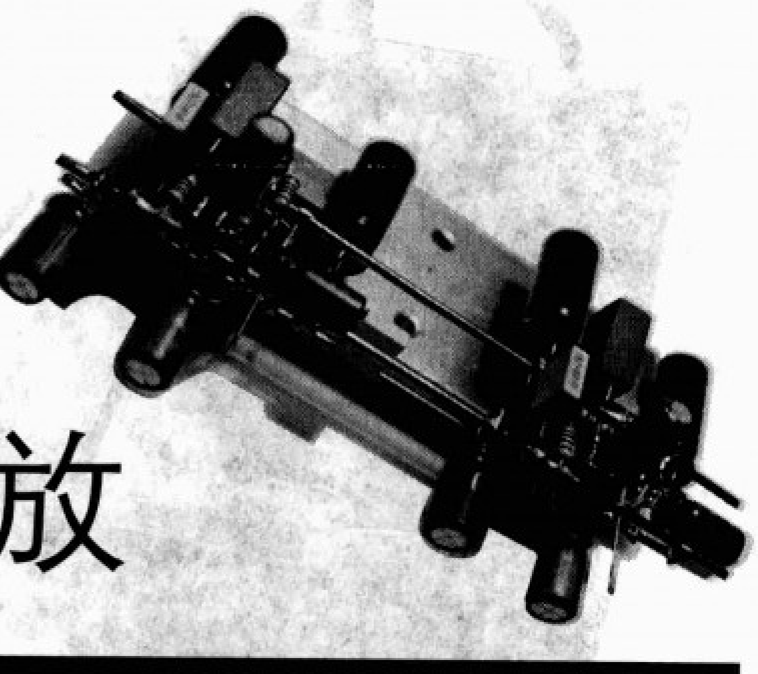


图13

搭棚制作 TDA7293 功放



○ 文/夏盛

TDA7293是SGS-THOMSON公司推出的一款Hi-Fi大功率DMOS功放集成电路。TDA7293和TDA7294的内部结构基本一样，有三级放大，差分输入级由双极型晶体管组成，推动级和功率输出级采用场效应管，这种结构可以综合双极型晶体管低噪声和功率场效应管在线性、温度系数、音色上的优势。在音色方面兼顾了双极型信号处理电路和MOS功率管的优点。

TDA7293芯片的外围电路比较简单（图1），具有低失真、低噪声、高耐压以及开关机静音、过热保护、短路保护等优点，声音具有胆味等特点，因此备受广大发烧友的喜爱。

根据电路特点，决定搭棚来制作TDA7293。首先找来一块尺寸为65mm × 25mm × 10mm的铝板做均热板，用320号砂纸将铝板表面磨光，这样能更好地和IC接触，有利散热。

附表 TDA7293的基本参数

电压范围	±12V~±50V
静态电流	30mA
输出功率	±29V，RL=4Ω时为80W
总谐波失真（THD）	0.01%(典型值)
开环增益	80dB
转折速率	15W/μs
输出电流	6.5A
输入阻抗	100/120/150kΩ

用2.5mm的钻头打好孔，攻丝。然后将两块TDA7293芯片固定上去（图2），IC与铝板间加绝缘硅胶片，有导热硅脂的最好涂上一层。将TDA7293芯片的电源线和地线找出来。TDA7293芯片的7、13脚为电源+，8、15脚为电源-，1脚接地。分别用1.5mm的铜丝将3根线焊牢，这样其他元件就好固定了（图3）。

接下来是焊接电阻和电容，电阻体积较小，应先焊接，如

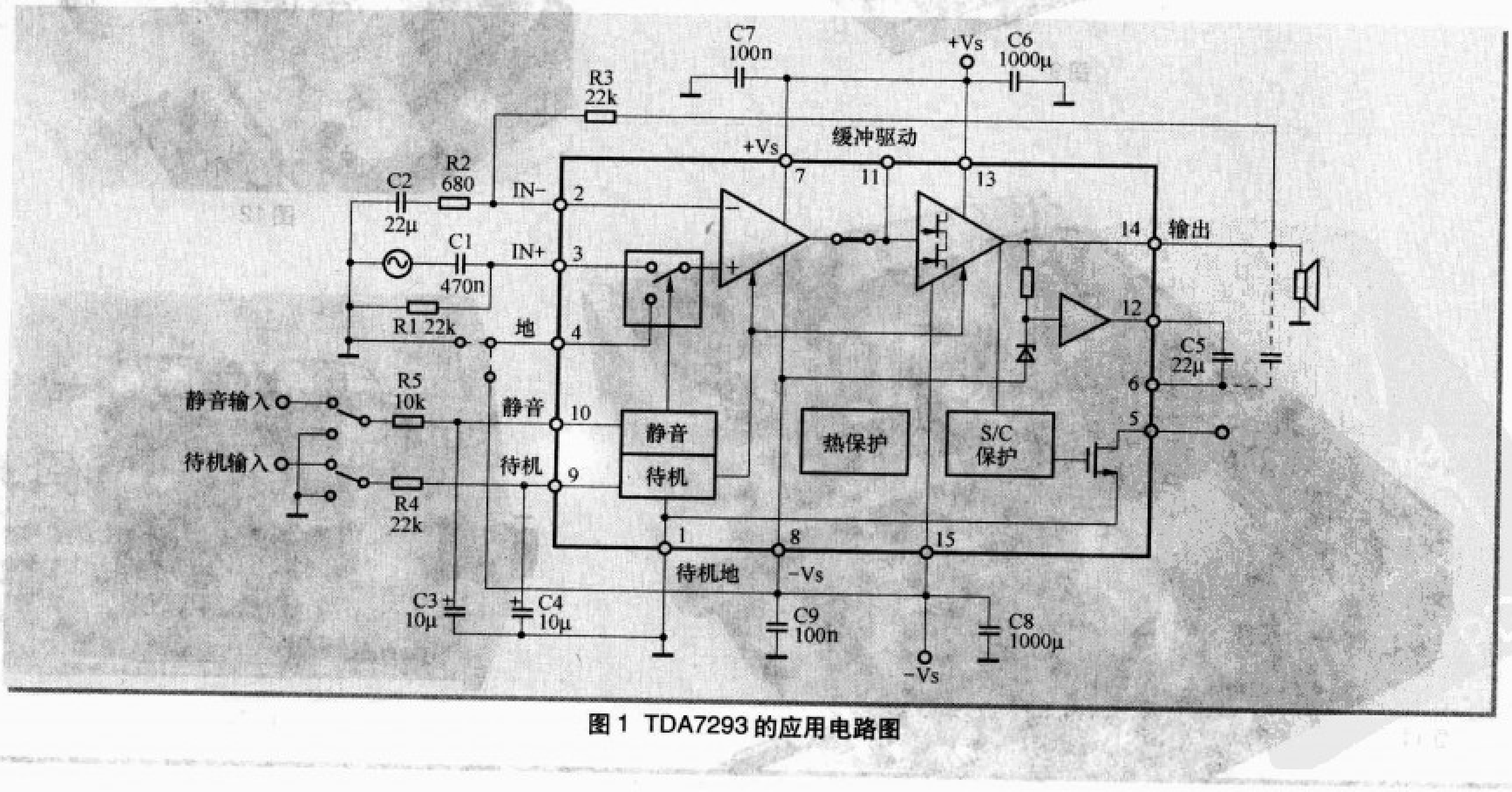


图1 TDA7293的应用电路图

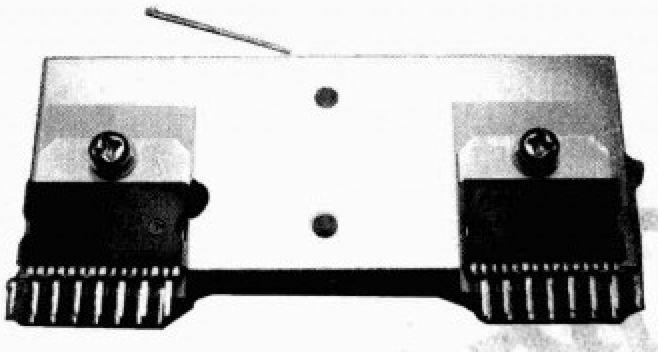


图2 将芯片固定在均热板

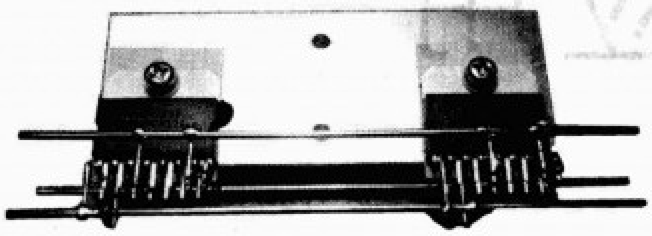


图3 固定好芯片的电源引脚和接地引脚

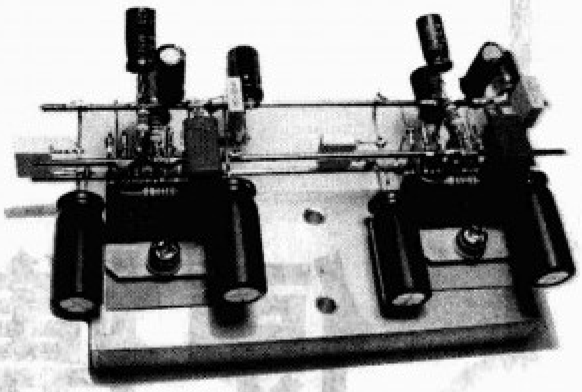


图4 焊接上电阻和电容

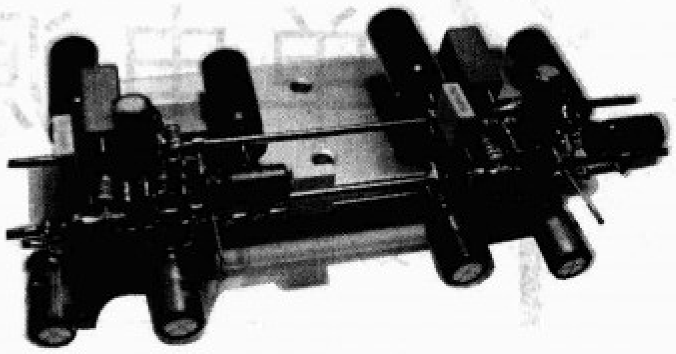


图5 搭棚焊好的电路

果先将其他体积大的元件焊上，则电阻就不易安排理想的走线了。要焊接牢固，不能有虚焊，否则元件脱落很容易引起短路，造成不必要的损失。接下来把各种电容一一焊上，基本就OK了（图4、图5）。IC电源线两端一定要加上退耦电容，一般在100~330μF就够了，千万不要偷懒而省略掉这个电容，两端再并上0.1μF的薄膜电容，这是防止自激的有效措施。经过半天的时间，慢工出细活，一个搭棚的TDA7293功放就基本成形了，看上去也别有一番风味。

制作好以后，接下来就是测试和试听了。首先还是要检查电路（图6），看看有无虚焊或错误的地方，然后通电测试。为了安全起见，我用的是双13.5V的变压器，经整流后电压在17V左右，接上电源后，没有发现冒烟和其他异常现象，用万用表测得各点电压工作正常，说明搭棚制作还算基本成功，可以进行装机试听了。机箱也是自己DIY的全铝机箱（图7），面板采用黑色的有机玻璃，电源采用外接方式。

试音时电压用双28V，虽说是搭棚制作，看起来普普通通，不过它的表现没有令我失望。中点电压控制得很棒（0.2mV和0.3mV），底噪几乎为零，最大音量听不到任何噪声。声音干净有力、细腻圆润，低频震撼力强、收放自如、毫不拖泥带水，将TDA7293的特点完完全全地表现了出来。

搭棚制作的电路，只要是合理布局，细心焊接，同样可以做到用低成本制作出高性能的功放，DIY本来就没有局限性，特别对于一些苦于制作PCB的人来说，搭棚也是一种另类玩法。只要充分发挥自己的想象力，就可以有无限的制作空间，这也正是DIY的乐趣所在。

图6 正在测试的电路

图7 装入机箱的电路

便携耳放
单电源的应用

○ 文/陈坚中

现代传统的晶体管音响功率放大器基本都是以双电源供电方式为主，一般在输出上没有设置隔直电容，有的放大器甚至做成全频带直流放大，这样对提高放大器的性能是有比较大的优势。对于使用电池的便携耳机放大电路来说，采用双电源供电方式在体积上、电池组的维护、耳放的输出直流保护以及成本上都是不小的难题，因此便携耳放单电源供电方式具有比较实际的意义。

下面从国内比较流行的几款进口便携式耳机放大器的供电电路来分析单电源供电电路的特点。

1．标准OTL应用模式

OTL功率放大器是指“无输出变压器功率放大器”，它诞生于20世纪50年代，是没有使用输出变压器的晶体管放大电路最早的电路模式。OTL电路的最大特点是信号输出经过一个比较大的隔直电容，取代了以前使用笨重的变压器。相对现在的放大电路来说，OTL方式是测试性能最差的一种，不过也不影响其在耳放里的应用。

图1所示的是来自英国的Voyager的主电路中的一部分，这是一个比较标准的OTL电路应用。信号的输入，输出和反馈回路都有相应的隔直耦合电容（C1、C4、C3）。从图1可见，信号经过电位器后，进入由R2和C7形成的低通电路，它对极高频的无用干扰信号进行衰减，通常截止频率设计为10MHz左右。对于没有输入耦合电容C1直接耦合的运放，R2还起到一个限流的作用，以保护在没有电位器的直接输入或电位器通路的情况下，运放的输入端不受过流损坏。现代运放的输入端，限流一般是10mA。因为输入端隔直电容C1的存在，电路没有直流放大的能力，这时C1和R3形成一个高通滤波器。为了获得良好的低频放大性能，C1和R3一般取值使高通的截止频率为10Hz以下。R3的另一个作用是给运放的输入端提供一个1/2电源电压的直流偏流，使运放能够正常工作。分压电阻R4、R5在电路里起到生成1/2电源电压的作用。C2为电源退耦电容，对电路的稳定和声音影响比较大。R6、R7为运放放大比例电阻，C3为反馈隔直电容。取消C3电路将不能正常工作。C6为运放供电的高频退耦电容，起到稳定运放工作的作用。因为R3把运放的输入端电位提到1/2电源电压，所以运放输出端的输出直流也是1/2电源电压，如果没有输出隔直电容C4，1/2电源电压的输出直流将会损坏耳机。C4在这里起到保护耳机的作用，同时也跟耳机的直流阻抗形成高通电路，大部分耳机的直流电阻都在600Ω以下，所以为了获得良好的低频效果，C4的取值一般不低于100μF。

因为隔直的需要，OTL电路的多个关键地方都

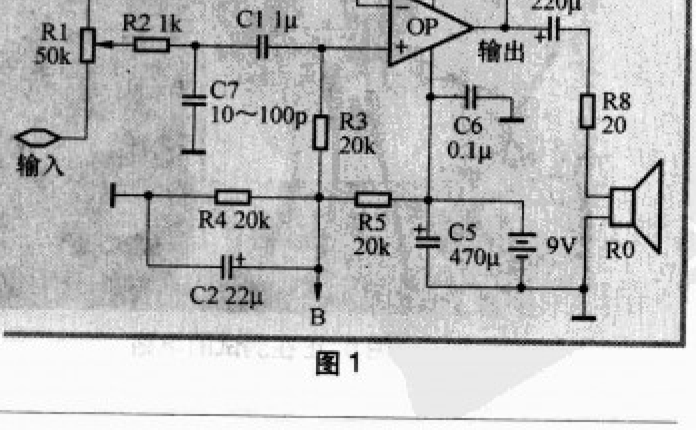


图1

有隔直电容，这些电容的存在限制了电路的性能，也是调声的关键点。对音频范围的低频放大器来说，OTL电路靠电容出声的特点至今依然还存在着其魅力，Voyager则是现在一个比较出名的代表作。

2.标准虚地应用模式

现代电子元器件的进步和发展，使得单电源的应用越来越方便。图2所示的是一个最简单的单电源变成双电源的虚地电路方式，从两个阻值相等的分压电阻R4、R5的中点拉出一个电路的接地点GND来代替双电源的中间抽头接地点。这个电路虽然简单，但实际效果不是很理想，因为这个虚地的电势会随负载的变化而浮动，无法成为一个稳定的接地点。图3所示的是该虚地电路方式的直流分布分析图。假设运放使用的是一直最流行的音频运放NE5532，因为5532的输入直流偏流典型值是500nA，当输入偏置电阻R3为10kΩ时，这时输入端的直流失调电压是5mV。因为运放的正负输入端电势是对等的，所以R7上同样也会夹着5mV的直流电压。

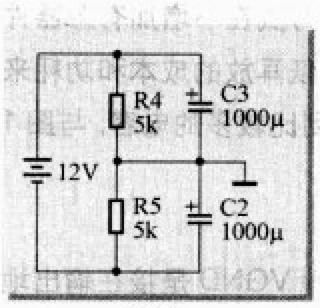


图2

R6、R7两个电阻构成6倍的增益放大，最后落在负载R0上的直流电压为30mV。假如R0为100Ω阻抗的耳机，这时将会有0.3mA的直流电流存在。这些直流电流是流回到电阻分压的中点地GND，分压电阻R4、R5对于负载R0来说相当于是一对并联的电阻R*，等效为2.5kΩ，根据欧姆定理，这时分压电阻中点的电压会偏离原定中点电压750mV左右，而不是理想的0V。于是12V的电压这时会分成+6.75V和−5.25V，不是预期对称的+6V和−6V。当负载阻抗降低为32Ω时，12V电源电压在分压电阻上会分成是+8.34V和−3.66V，正负电压变成严重的不对称，虽然这时电路仍然能够工作，因为多数运放对正负电源的对称性要求不严格。在这里更正一个常识的错误观念，正负电源是否严格对称也就是中点是否为理想的0V，对耳机放大器所出来的声音来说是没什么对应的影响的，也就是说基本跟音质无关。这种不对称电源对运放来说，影响最大的是其电压输出摆幅，等同于最大不失真输出功率的降低，如在图3中的32Ω负载下这种正负电源严重不对称情况运放的有效输出摆幅

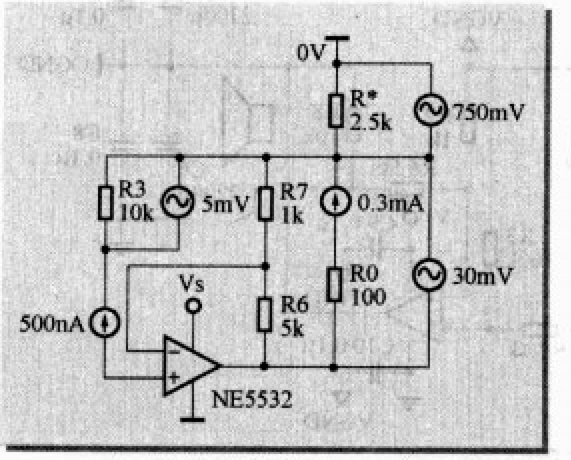


图3

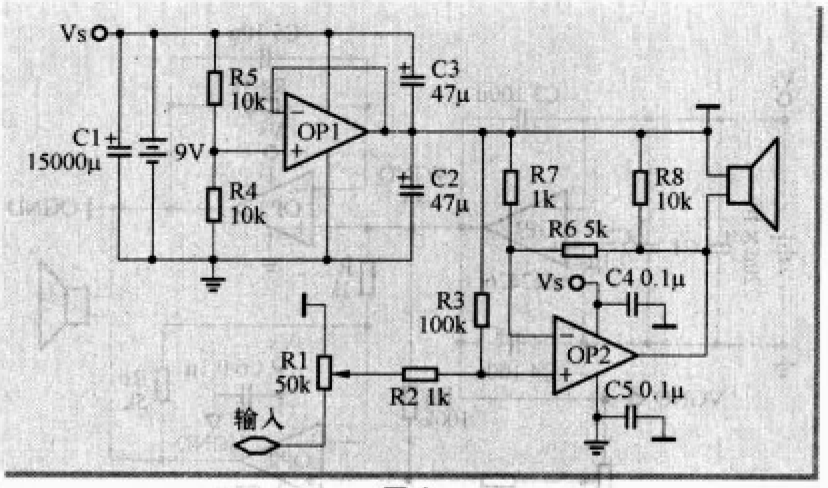


图4

非常低，电池的有效利用率也大大地降低，这不是所期望得到的结果。因此为了减弱输出直流的影响，降低分压电阻的阻值是一个比较简单的方法，当R4、R5取值1kΩ以下时，分压不对称的情况会有所改善，但当分压电阻取值过低则电路的消耗电流会相应增大，这样也会减少电池的待机时间，对耳放的使用来说同样也是不利的。

为了解决上述虚地方式存在的问题，于是就有了图4所示的应用方式，这是美国The Hornet便携耳机放大器主电路的简图，这是一个比较完整的标准虚地的应用。从图4可知，分压电阻R4、R5的中点上增加了一级有源的运放缓冲级OP1。利用运放低输出内阻的特点隔离开高直流内阻的电阻分压中点，因为大部分运放的闭环输出内阻都在1Ω以下(NE5532闭环输出内阻的典型值为0.3Ω)，这时GND位置的内阻也达到比较理想的情况。图3中R*电阻上的压降这时可以近似忽略不计，GND也可以近似看作为0V，同时该点电势在OP1的有效驱动电流范围内对负载的要求变化不明显。由此可知，图4所示的虚地应用OP1的选择是一个比较关键的因素，对电路声音的影响不亚于信号放大的OP2。低的闭环输出内阻，较高的输出电流和较强的容性负载驱动能力是OP1选用的优先考虑要素。

3.PPA应用模式

单电源虚地电路因为电源的中点地GND是人为浮动的，使得电路的设计可以从接地点上做文章，跳出了双电源实地必须一点接地的限制，从而引申出多种电路模式。其中PPA耳机放大器的三通道模式就是一个比较成功的虚地改进电路。PPA耳放是一个开源的耳放项目，由国外几名耳机发烧友组建的PPA团队在2002年末设计出来，故此称作为PPA耳放。2004年初推出改进的PPA v1.1版，2005年3月发布PPA v2版后PPA团队解散。PPA的出现对现在单电源耳机放大器的制作有着深刻的影响，也是目前虚地耳机放大器设计的一个最完善的项目。PPA电路的制作出发点是隔离信号输入地（VGND）和输出地(OGND)，或者理解为隔离小信号地和大信号地，减少输出信号对输入信号的干扰，从而提高

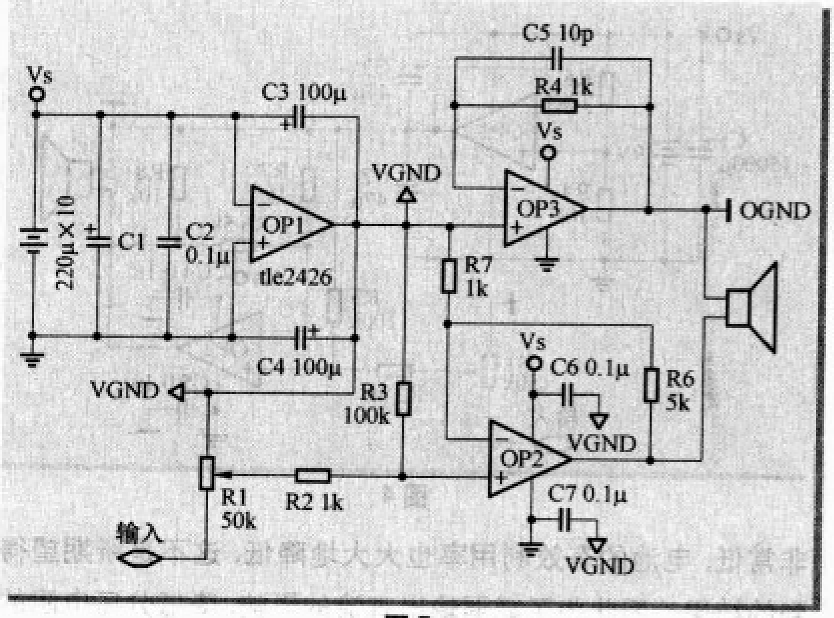


图 5

了耳机放大器的信号分离度。

图5所示的是PPA电路的原理简图，下面分析有源三通道模式的工作方式。PPA 里使用了一个 1/2 电源分离器 TLE2426，这个元件的效果等同于图4里做虚地的OP1加分压电阻部分，优点是有着更小的体积、较低的输出内阻和更低的静态功耗，缺点是输出电流偏小，典型有效值为 20mA，因此不能直接用来驱动电流较大的负载。在图 5 电路里，电源通过TLE2426生成一个稳定的1/2电源参考点VGND，等效于双电源里的 0V 接地点，信号放大的 OP2 通路里信号输入地和反馈地这些小信号地则接到该点上。以VGND点作为虚地的参考点通过一级缓冲OP3生成输出地OGND来驱动最后的负载。C5 的作用是限制 OP3 的工作带宽，防止 OP3 自激，对于大部分运放来说，此电容可省略。R4 作用是调整 OP3 的整体反馈深度。

在PPA电路里因为OP3的存在使得小信号地和大信号地客观地分开，信号地也作为单独的一路放大电路存在，与左右声道一起构成三通道的工作方式。基于 PPA 电路的制作理念，PPA的三通道耳机放大器比一般的传统耳机放大器有着更好的声音分离度，音场比较宽，声音风格也有较大的不同，这是 PPA 的优点。由于增加了一路地通道，耳放的制作成本、静态电流和电路面积也相应提高了原来的一半，这对设计便携式耳机放大器来说难度增加了许多，因此，完整的 PPA 电路制作在便携耳机放大器里的应用比较少。借助 PPA 提出的虚地应用理念，逐渐派生出一些新的电路模式。

4.电容虚地参考点应用模式

针对标准虚地应用模式里简单电阻分压所存在的问题，利用 PPA 里提出的虚地参考点概念，引申出图 6 所示的电路模式，这是美国 SuperMacro3（简称 SM3）便携耳机放大器的电路简图，与PPA 的虚地概念比较接近，不过这里是通过两对电容隔离出信号输入地（VGND）和输出地(OGND)。与图 4 和图 5 相比，电路少了一个做地的有源器件，功耗相应减少，对提高电池的续航有较大帮助。不过由于增加了一对大电容 C5 和 C6，电路的体积有所增加。在图 6 中，输出负载接地点 OGND 的电势是由 VGND 点通过 R3 决定的，两点之间的电势差取决于运放本身的失调电压，因为这个数值非常的小，因此 VGND 和 OGND可以近似看作是等势电位点。运放的直流失调电压在负载上没有直流回路，所以负载的变化对VGND的影响比较小，近似得到图 4 的效果。图 6 的电路方式也可以看作是图 1 的一种变体，将图 1 中的 A 点不接到电源负端而是连到电路的 B 点，即可得到类似图 6 的效果，同时电路的信号分离度有所提高。电容虚地参考点的电路方式在不增加有源器件的情况下做到稳定虚地的作用，从降低耳放的成本和功耗来说具有一定的实际意义。电路使用到比较多的电容，与图 1 的 OTL 一样，需要比较耐心地调音。

5.运放虚地参考点应用模式

在 PPA 的 3 通道模式里，输入地 VGND 是接在输出地 OGND的输入上作为参考点，VGND点受输入信号和反馈信号接地的影响会有细微的浮动，因此间接影响到输出地 OGND 中点的相对稳定状态。电容虚地参考点应用里虽然 VGND 和 OGND 是相对隔离，但其相互间的影响跟 PPA 方式接近，同时因为用电阻分压的 VGND 点内阻显得过大，对耳机放大器性能的提高有一定的影响。针对上述潜在的问题，从而提出了下面应用虚地参考点概念比较完善的电路方式，这里称作运放虚地参考点应用模式，最早系统的运用在美国的便携耳放 SuperMacro4（简称 SM4）里。图 7 所示的是 SM4的原理简图。运放虚地参考点电路的最大特点是输入地 VGND和输出地OGND使用了两个对等的有源通道，加上左右两个通道，通常把这样的方式称之为四通道（CH）电路。在图7里，生成OGND接地点的信号参考点是与VGND参考点一样都接在分压电阻 R4、R5 接点上，整个电路的信号接

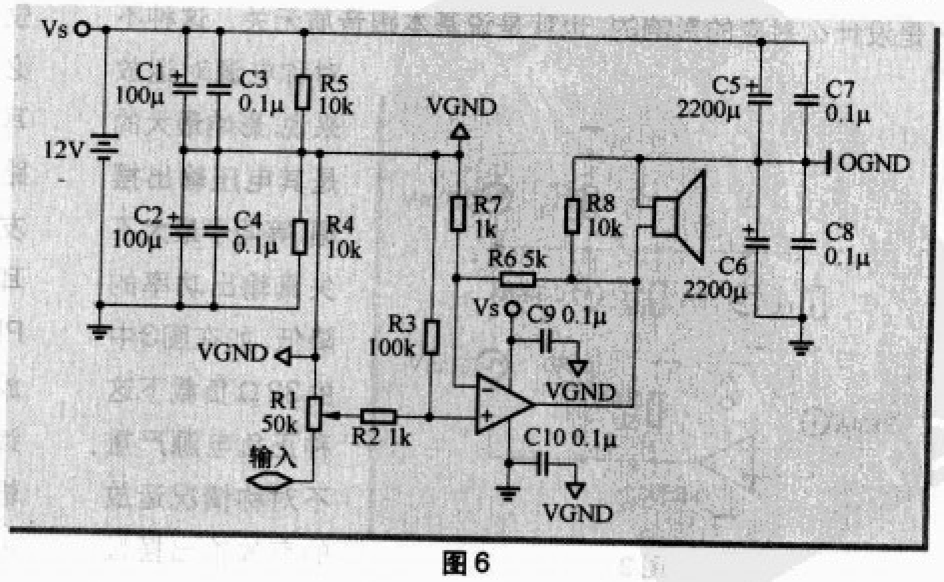


图 6

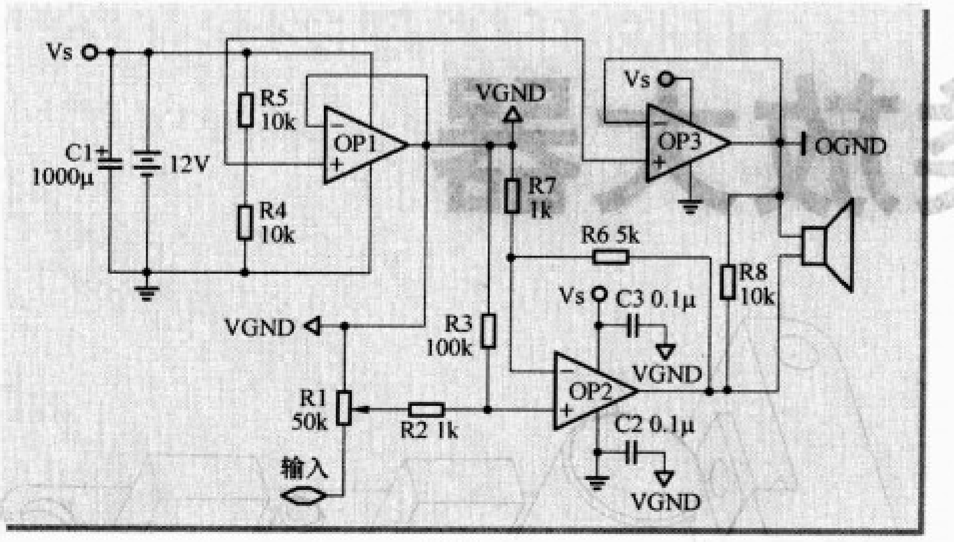


图7

地点都是以相对稳定的电源中点作为参考点，各信号接地点之间相互不受影响，对保持微弱信号的完整性和提高信号的分离度是非常有利的，这是虚地参考点应用理论所追求的理想效果。运放虚地参考点方式相对电容虚地参考点方式来说因为没有4个影响声音的主要大电容（通常适合音频高要求应用的电容体积都比较大），电路的设计体积比较容易控制。同样因为有源元件使用的增加，电路成本和功耗比一般的应用电路增加了1倍，这是四通道方式最大的缺点。由于集成电路的发展，运放的性能不断地提高功耗不断地降低，四通道应用方式的耗电大的缺点也将变得不明显，对便携耳机放大器来说，四通道电路的应用也是一种非常理想和实用的方式。

上面分析了单电源在耳机放大器里各种可能的应用。对于耳机放大器使用单电源的研究不是一种对双电源的妥协，而是为了使耳放有更好的表现效果。单电源虚地参考点应用方式比传统的双电源放大电路复杂很多，如何让各个有源虚地参考点的作用接近双电源实地接地点的特性，仍有不少需要考虑的因素。因为耳机放大器低功耗的特点使得有源虚地参考点电路运用高性能运放得以方便地实现。如果使用分立元件来制作，各个工作点的调试和电路的稳定性是个比较大的工程。同时如何把有源虚地参考点电路更好的应用在功放的前级和后级甚至音源里，这是今后一个值得研究的方向。

后记：正文里的电路图均为完整的耳机放大器电路，能稳定正常工作。其中电路里的运放推荐使用AD8397，该运放优异的性能适合在电路里的各种场合使用。考虑到AD8397市面上比较难找，可以选用市面常见、价格低廉的NJM4556(JRC4556)来进行电路实践。对于使用动铁或动圈耳塞这些低功率负载也可以使用常见如NE5532和OPA2134这些输出电流较大的运放。对于功率要求更高的场合可以增加一级电流buf的缓冲级，读者可以根据自己的需要对电路进行灵活的运用。

单电源和双电源在低频模拟放大电路里的应用是有区别的。使用双电源的放大电路可以看作是一个传统的OCL电路，它是在OTL电路基础上发展起来的一种没有输出电容（直接耦合）的功率放大电路，比OTL电路有更好的稳定性，更宽的频响和更低的失真。本文所讨论的内容是如何让大部分的运放使用在单电源电路上而不需要输出耦合电容。图8所示是一个标准的双电源应用，是目前比较流行的一个电路。跟上述提到的单电源电路相比，只需要一个有源的运放元件就可以做到直耦输出，电路也不需要其他的大电容，对减少电路体积和降低功耗都比较有帮助。图8中的5μF电容可以省略或用1kΩ的电阻代替，该电容在电路里主要起调声的作用，对电路的直流放大性能没有帮助。

图8所示的电路尽管有不少的优点，但在便携耳放应用里，双电源的使用会带来一些意外的麻烦。虽然现在不少的运放对正负电源是否对称要求不严格，即使是在+25V和-5V这样极端的供电条件下仍然能正常工作。如果有一边的电压突然降至很低或者跌至0V，电路依然会有输出直流的危险，所以在使用电池供电的便携耳放里，有一个比较突出的问题是电池电压的稳定性和可靠性。虽然一般情况下使用两个同样的电池做双电源。在一定范围内能保持相对的一致，但实际使用中会有一边电池失效或接触不良等意外情况，使双电源一边没有电压而导致耳放输出直流影响到负载或耳机。如果一边电池的电压比另一边降得快，也等同是间接减少了电池的有效利用时间。因此为了避免这些意外的不良情况，便携式耳机放大器采用单电源有其优越性。

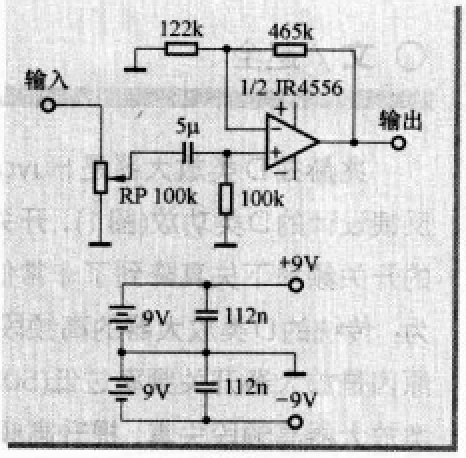


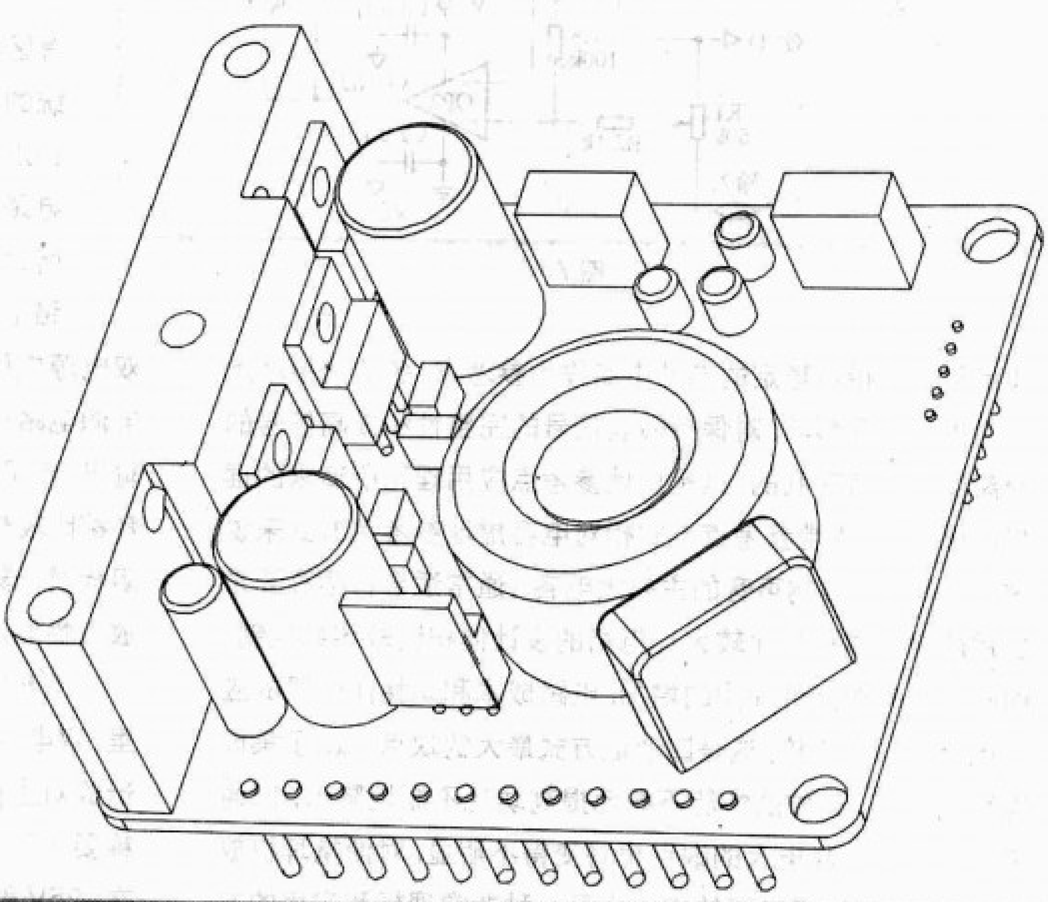
图8

附表 正文所引用运放的几个关键参数

型号	带宽	转换速率	输出电流	输出闭环内阻	静态电流	供电范围	能否单倍缓冲
OPA2134	8MHz	20V/μs	±35mA	0.01Ω	8mA	±2.5~±18V	能
NJM4556	8MHz	3V/μs	±70mA	---	9mA	±2~±18V	能
NE5532	10MHz	13V/μs	±30mA	0.3Ω	8mA	±3.0~±20V	能
AD8397	69MHz	53V/μs	±250mA	0.2Ω	18mA	±1.5~±12V	能
AD8531	3 MHz	5 V/μs	±250mA	60Ω	1.4mA	2.7~6 V	能

【 D类音频放大器专题 】

兆赫兹D类放大器
(MHz class D)



○ 文/赵全

兆赫兹D类放大器是Huygens公司采用自有的双环路反馈设计的D类功放(图1)，开关频率达到1MHz，在如此高的开关频率下失真降到了非常低的指标。设计师John F认为：传统的D类放大器的高频段失真和高频听感差，主要的原因是放大器开关频率过低(500kHz)，高开关频率是降低D类放大器高频段失真、提升高频听感的关键。高开关频率也使后级滤波器的设计难度大大减少，对功率带宽的上限和还原音乐中的高音成分更为有利。

高频率工作和引入负反馈可以让整个频带的失真和频率响应指标达到高端甲类和甲乙类功放的水准。从图1可见，这类功放采用了与其他D类功放不同的反馈电路，在滤波器之前的反馈电路用于产生振荡信号，滤波器之后的反馈电路用于校正开关器件和滤波器产生的失真。

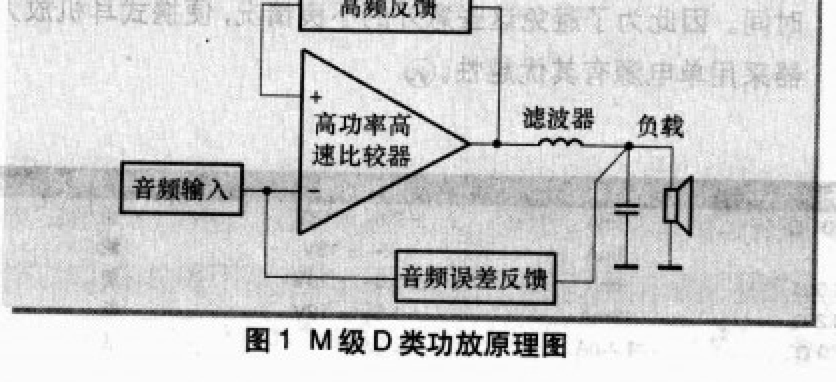


图1 M级D类功放原理图

现在MHz级D类功放对外提供的产品有MCD-255、MCD-420和MCD-800型，它们的功率在250～800W，但是只提供250W和400W版本给DIY用户。

MHz级D类功率放大器从开始的100W发展到现在的800W模块，最高的开关频率为800kHz～1.2MHz，有着较宽的音频带宽（150kHz -3dB）和功率带宽（100kHz）。这是低开关频率的D类功放难以做到的。下面根据该公司最新的模块（MHzpower4）的数据资料（图2、图3）分析一下其综合性能。厂家提供一个全功能的测试母板，只需要增加

图2 MHzpower4 外形图

一个变压器就可以工作，安装非常简单。我预订了两套来进行测试和自己组装。现代大功率D类模块最好不要自己设计电路板，因为D类功放的复杂程度和电路控制的精细程度不是传统音响线路能相比的，难度比较大。

MHzpower4 提供的测试指标非常详尽，说明厂家对自己产品的性能很有信心，也为我们全面分析其性能提供了详细的参考。从图4中看出，失真1%时，在8Ω和4Ω的负载上分别可以输出220W和420W的功率，最低失真达到0.003%。在4Ω负载时在从0.3～150W范围内失真都小于0.02%（非常低），一般我们听音乐的时候功放输出功率主要在这个范围。

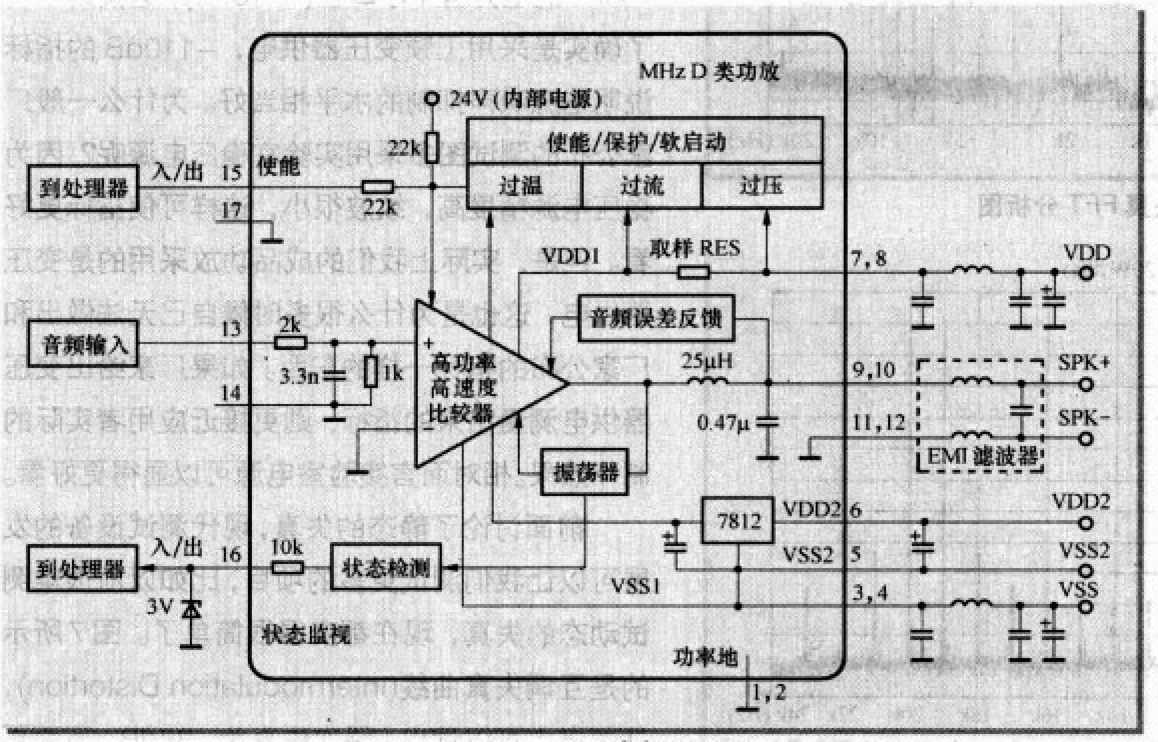


图3 MHzpower4 内部原理图

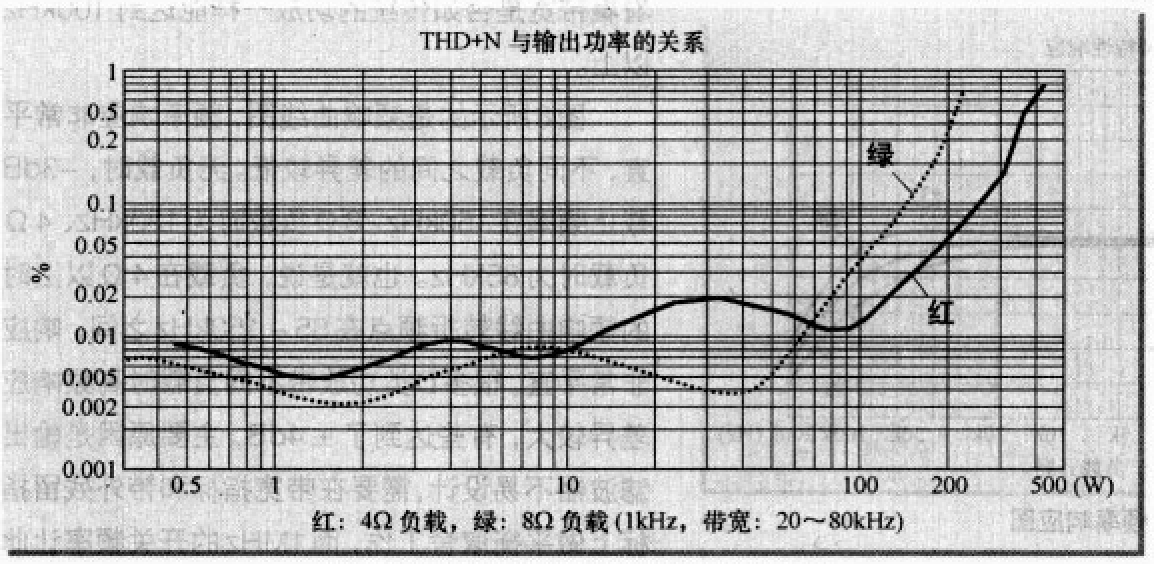


图4 MHzpower4 失真和输出功率关系图

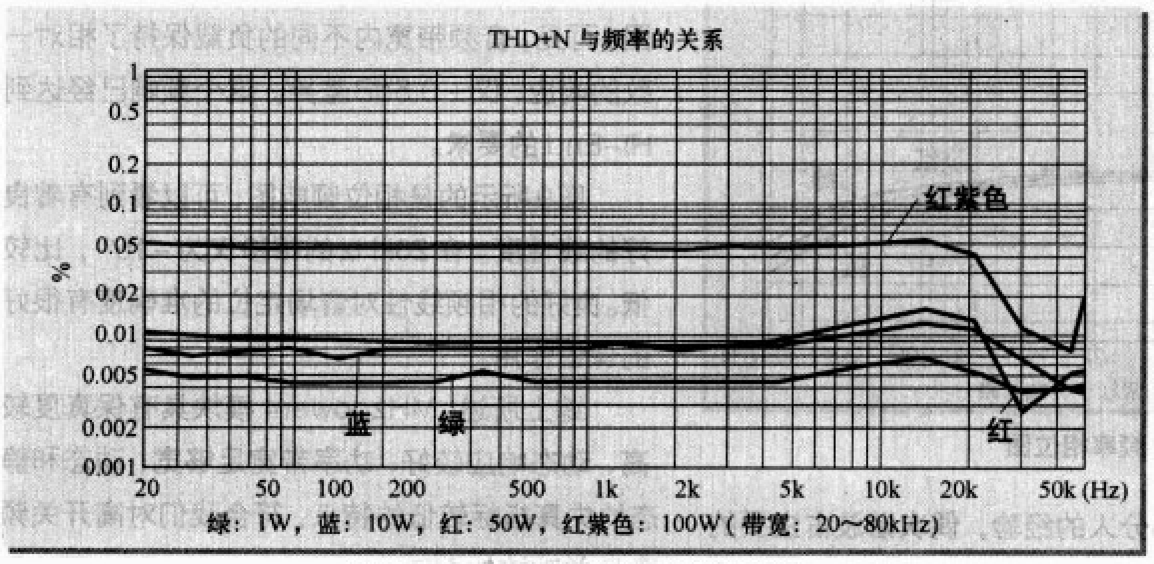


图5 MHzpower4 失真和频率关系图

有些朋友可能说，这个图和UCD功放的测试图差不多，为什么说它更好呢？其实大家可能没注意到，MHzpower4测试的是THD+N的数值，而UCD只测试THD的数值。如果MHzpower4只测试THD数值，指标将会比现在的更好。另外，MHzpower4的测试带宽是80kHz，而UCD的测试带宽是20kHz，MHzpower4的测试比UCD严格很多，所以我个人认为MHzpower4性能更好，同一个功放，用80kHz带宽测试的底噪比用20kHz测试的底噪会高很多。

图5所示的是总谐波失真和频率的关系图，图中分别显示的是 1W、10W、50W、100W的总谐波失真和频率的关系曲线，因为他们采用80kHz的测试带宽，我们按最少四次谐波计算，可以认为从20Hz～20kHz是音频范围的所有频率失真均为有效值，而不像其他模块的测试只有7kHz以下是有效值。从图5可见，失真基本和频率没有太大关系，不会随着频率增高而急促上升，这也证明了MHzpower4并不是像一些传统的D类功放那样：高频段的失真和低频段的失真相差有20dB(10倍)的数量级，这或许就是高采样频率带来的好处，这个结果可以推断出其高频特性会比其他低开关频率D类放大器更好。

图6所示的是MHzpower4的失真FFT分析图。大部分厂家不会对外公布其FFT图，因为FFT图可能揭示更多的缺陷，因此MHzpower4敢于公布其FFT图，这是对自己的产品非常有信心的做法。从图6可以看出，失真主要成分是2kHz(偶次谐波)，为－95dB，即是0.003%，3次谐波为3kHz、－100dB，

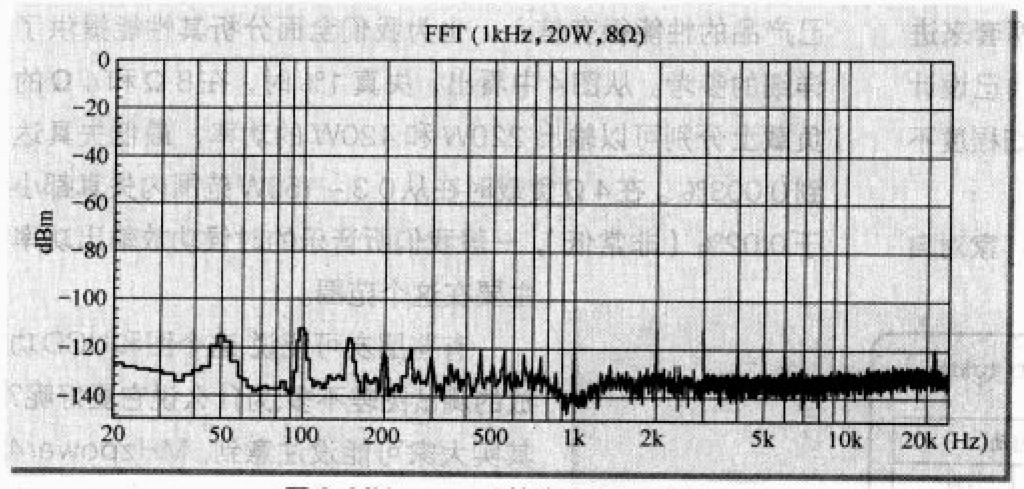


图 6 MHzpower4 的失真 FFT 分析图

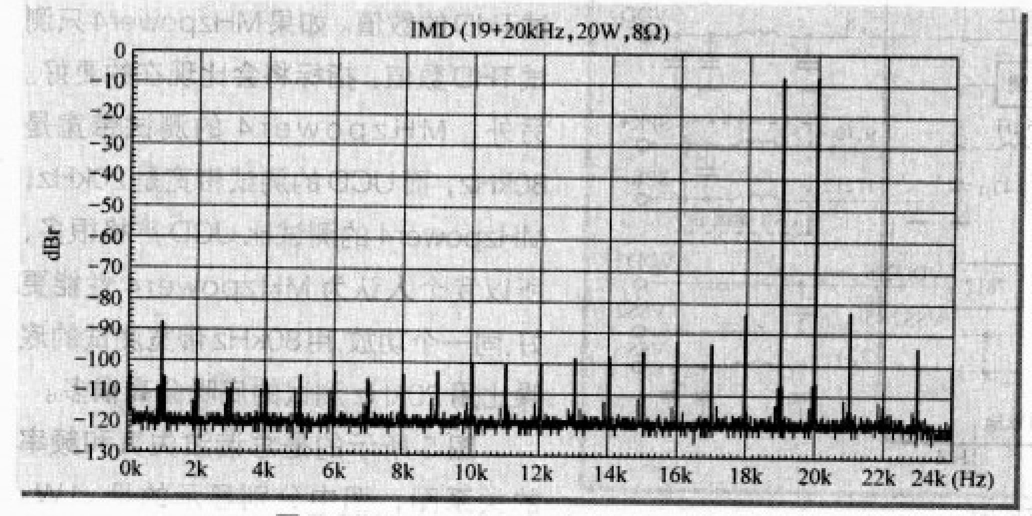


图 7 MHzpower4 互调失真 FFT 分析图

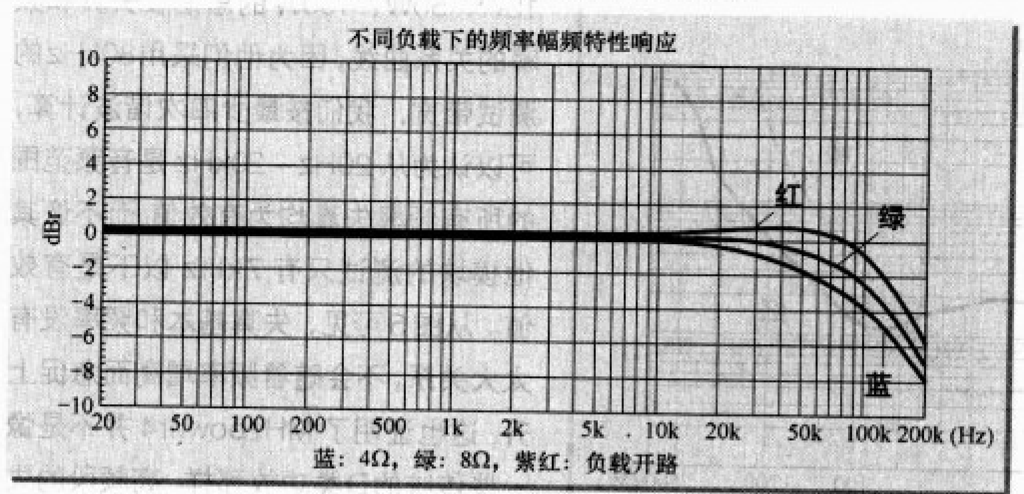


图 8 MHzpower4 频率响应图

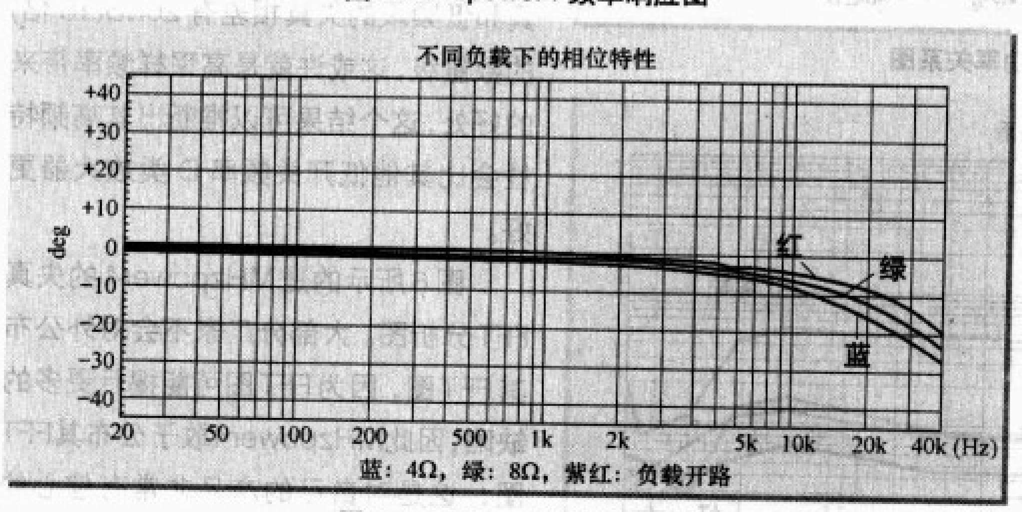


图 9 MHzpower4 频率相位图

即是0.001%，失真都非常低，根据大部分人的经验，偶次谐波占主要的失真不会造成刺耳的感觉，更利于音乐的表达，比如胆机主要的失真成分就是偶次谐波。

另外，从FFT分析图还可以看到其他信息，比如：厂家声称他们测试时采用的是变压器供电，而不是采用有利于指标显得更好看的实验室精密稳压电源。从FFT图上可以看到50Hz和100Hz的地方有个小峰值(–110dB)，这就是表明了确实是采用工频变压器供电，–110dB的指标说明电源噪声抑制的水平相当好。为什么一般厂家公布的测试图多采用实验室稳压电源呢？因为稳压电源精度高，纹波很小，这样可使指标更好看。但是，实际上我们的成品功放采用的是变压器供电，这也是为什么很多时候自己无法做出和厂家公布的指标一样的东西。如果厂家给出变压器供电测量出来的指标，则更接近应用者实际的制作效果。相对而言实验室电源可以显得更好看。

前面讨论了静态的失真，现代测试设备的发展可以让我们测试更多的项目，比如以前很难测试动态的失真，现在都变得很简单了。图7所示的是互调失真曲线(Intermodulation Distortion)，从频谱中可以读出，偶次失真为–88dB。下面再看看带宽是否如传统的功放一样能达到100kHz以上。

图8所示的是频响曲线图，频率响应非常平直，不同负载之间的差异较低。无负载时，–3dB截止频率在150kHz、8Ω负载时为120kHz、4Ω负载时为85kHz。也就是说，负载在4Ω以上时的频响曲线转折频点在85～150kHz之间，响应非常平直。很多D类功放带不同负载时高频响应差异较大，有些达到了±4dB，主要原因是输出滤波器不易设计，需要在带宽指标和带外残留指标上做平衡取舍工作，而1MHz的开关频率让此平衡设计的空间大大加宽(前面已经分析过)。由图8可见，音频带宽内不同的负载保持了相对一致的响应，仅±0.5dB差异。这个频响已经达到Hi-End的要求。

图9所示的是相位频响图，可以看到有着良好的线性度。在20kHz的相移仅为–15°，比较低。良好的相频线性对音场定位的准确度有很好的保证作用。

综上所述，MHzpower4模块具有保真度较高、动态响应较好、功率带宽足够宽、动态和静态的失真指标较低的特点，符合我们对高开关频率D类功放的期望。

【D类音频放大器专题】

IR公司的 D类功率放大器

○ 文／赵全

IR公司设计的D类功率放大器的电路原理框图如图1所示，内部结构如图2所示。IR的方案在国内比较流行，有不少音响发烧友对此功放进行过组装，但很多朋友都发现它在高频段声音比较硬、不耐听，因而对D类功放的兴趣降低。下面我们来看看它的特性指标。

根据IR的指标，它的失真达到最低0.005%(1kHz、60W、4Ω)。对这个指标而言，我们可以认为它的失真已经比较低了，但很多朋友试听后都感觉高频段比较刺耳，特别是小提琴的声音完全没有圆润的感觉。为什么呢？为了全面分析，我们应该看看它的失真和频率的关系曲线及失真和功率的关系曲线。

图3所示的是失真和频率的关系曲线，我们可以看到在1kHz以下失真比较低，即使在100W的输出功率的情况下，失真也是在0.02%以下，比较理想。但是1kHz以上失真比较大，7kHz的失真最高，达0.3%，10kHz以上的失真又陡然降低，这是由于在测试时接了AE17滤波器，该滤波器将20kHz以上的频率分量滤除掉了，所以10kHz的二次谐波和三次谐波都被滤掉了，这样在显示的时候就好像高频段失真很低一样，实际上的失真不一定低。如果我们仅仅看低频段的1kHz的失真，就会忽略了高频失真带来的听音影响。

图4所示的是失真和输出功率的关系曲线。这个曲线可以显示出不同输出功率下的总失真(1kHz信号)，总失真是由功放的底噪加上谐波构成的。从这个曲线可以看出，最低失真为0.004%（20W时），2~100W失真在0.01%以下。图4还表明IR的方案已经达到较高的保真度了，但是为什么功率越小失真却越大呢？1W功率

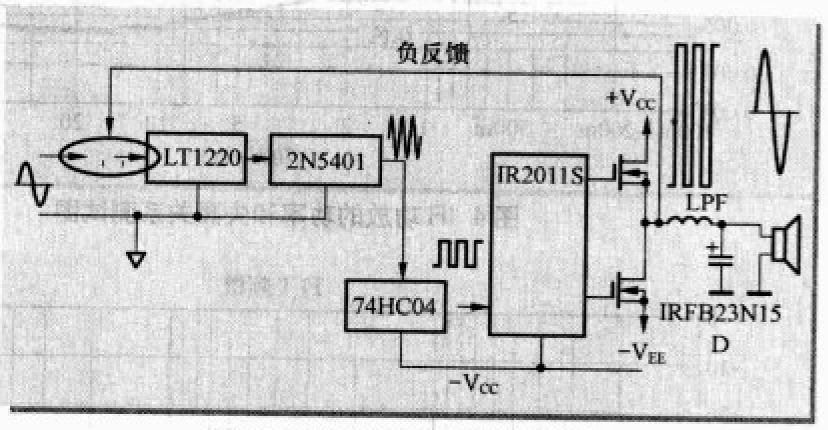


图1 IR公司的D类功放原理图

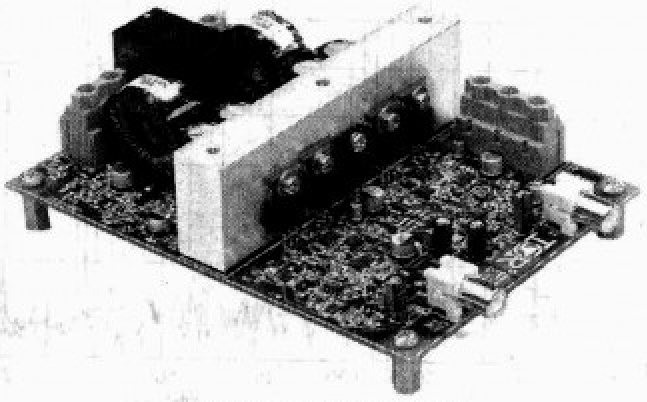


图2 IR功放内部结构图

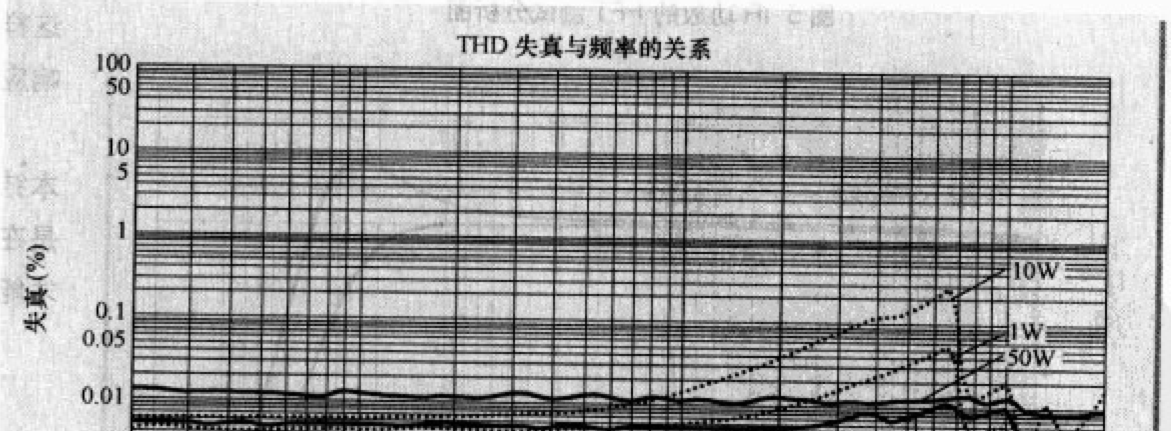


图3 IR功放的频率和失真关系测试图

以下失真达到了0.03%，这表明这个方案的底噪还是比较高的。底噪高会导致分析力下降、背景干净度降低。

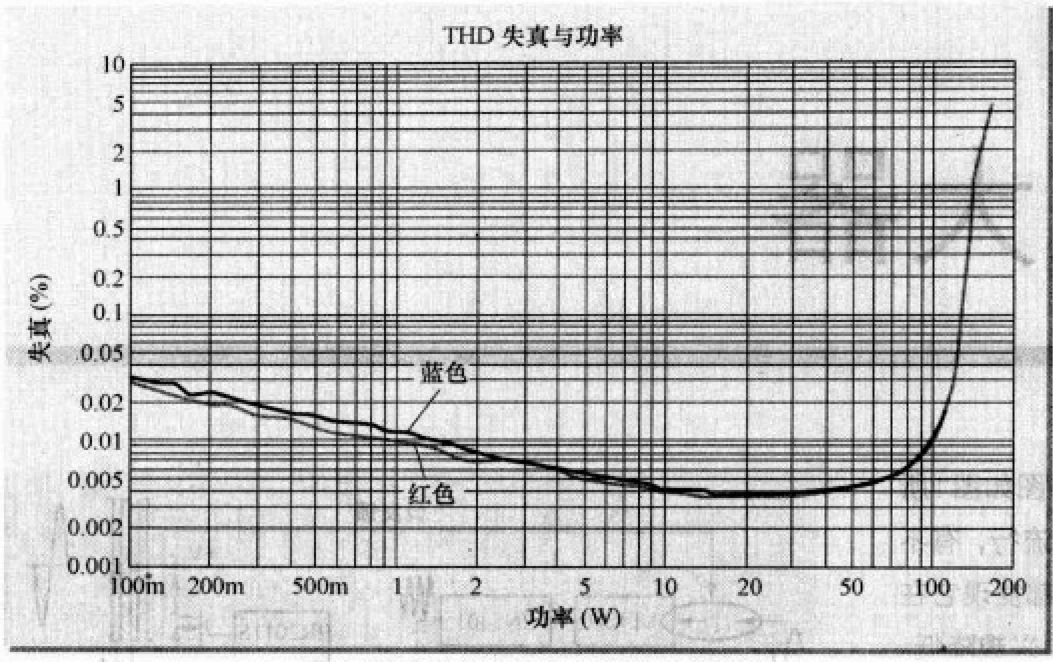


图4 IR功放的功率和失真关系测试图

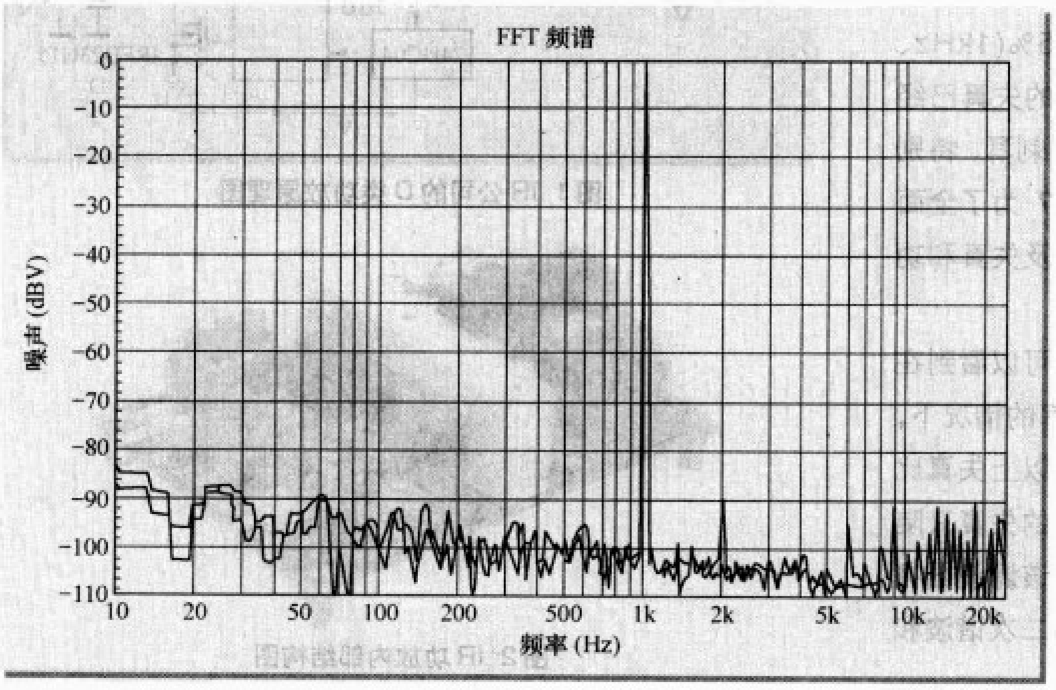


图5 IR功放的 FFT 测试分析图

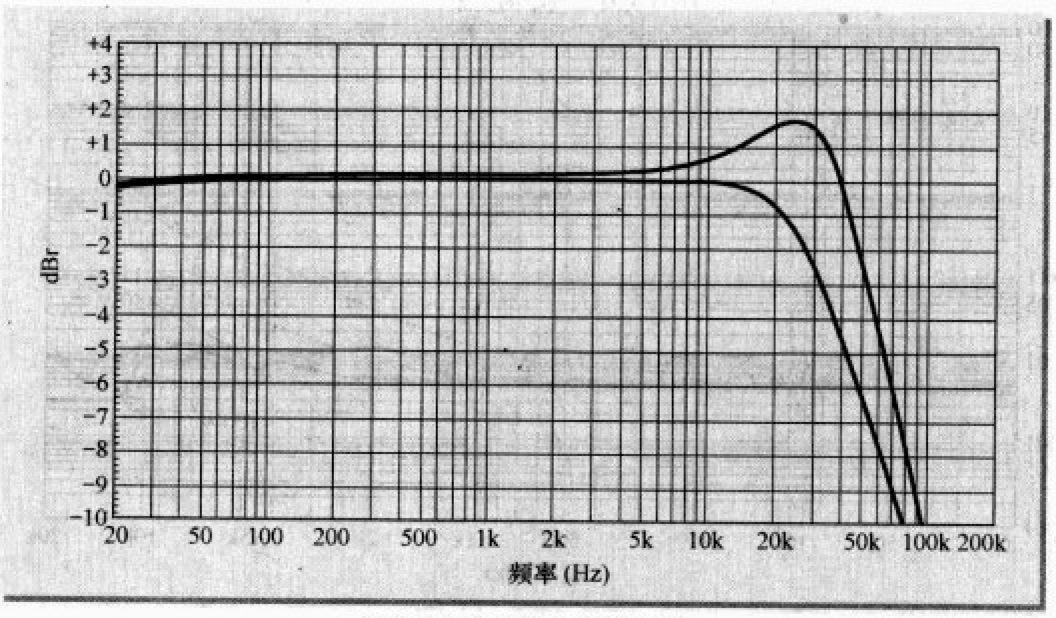


图6 IR功放的频率响应图

图5所示的是FFT频谱图，可以很清楚地看到失真的频谱构成，包括底噪和谐波。由图5看出，1kHz时是0dB，2kHz时出现一个 -90dB 的峰，没有发现 3kHz 的失真峰（被噪声掩盖了）。由此说明主要的失真是二次谐波，这个二次谐波是由于死区造成的，失真非常低。

在图5的100Hz没看到一个特别高的峰，所以我们认为测试时是用非常稳定的实验室稳压电源。实际应用时，电源的整流电路会引入工频及其谐波的干扰，底噪因而会更高。我们曾用普通电源测试的 FFT，我们发现在 10～200Hz处有比较高的底噪，约-85dB(和二次失真差不多)，在 5～20kHz 也有比较高的噪声。在Hi-Fi领域一般这个噪声应该控制在 -110dB 以下。

由于D类功放工作在开关状态，由开关电路产生的高频噪声会干扰整个电路，特别是输入级的电路，从而提升了整体的噪音水平（在他们提供的数据手册上可以查出为 170 μV）。

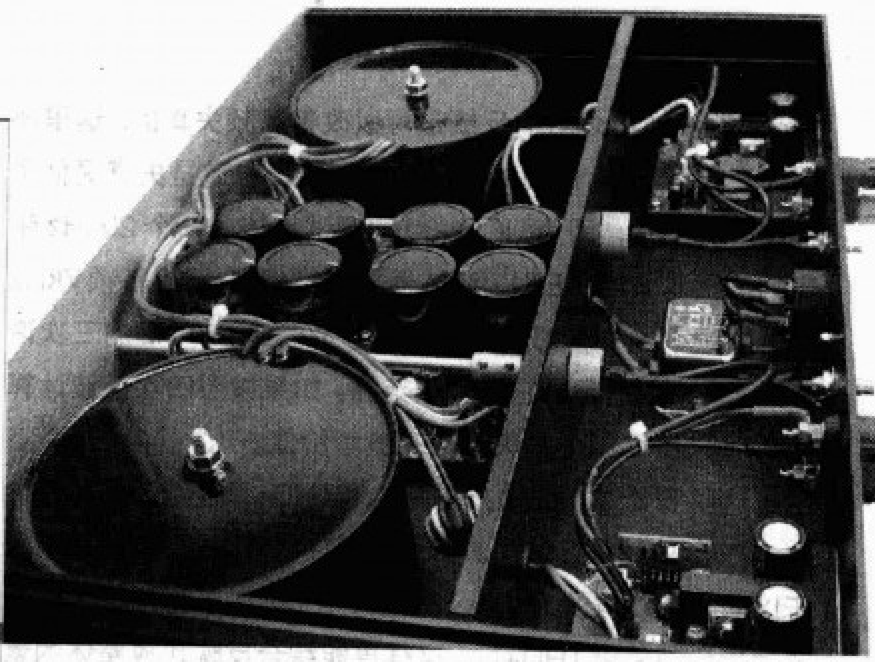
最后看看IR功放的频率响应，见图6。从图6可见，当4Ω负载时，20kHz衰减了-1dB，在8Ω的负载下，20kHz提升了接近2dB。可以推论，6Ω负载的频响特性的平直区域一直延展过 20kHz。为什么这种类型的放大器在不同的负载下会有不同的频响特性呢？原因在于它的输出低通滤波器。输出低通滤波器作为PWM信号的解调也用于高频开关频率噪音的滤除。放大器的开关工作频率在400kHz左右，它的低通滤波器截止频点选择得比较低，从图6看出在45kHz(-3dB、6Ω负载)。这样导致了截止频点附近不同负载下的频率响应的差异。

通过以上分析我们对这个放大器有了基本结论：在中、低频段这个方案比较理想，但是在高频段和底噪方面还需要做较大的改善，才能应用于比较高档的音响器材。

【 D类音频放大器专题 】

UCD400 D类功率放大器

○ 文 / 赵全



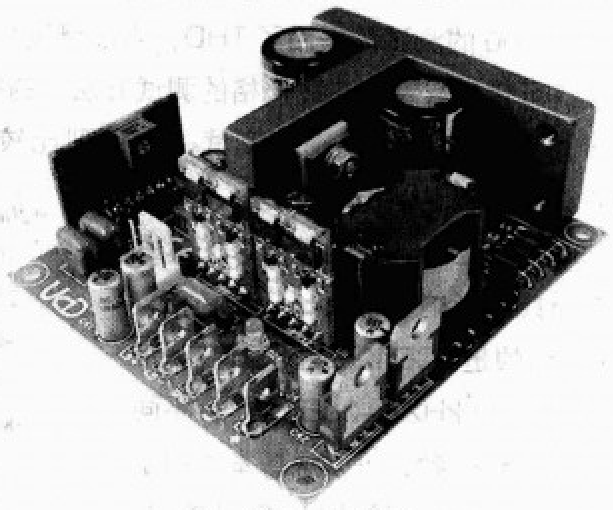


图2 UCD400 模块

UCD400是根据飞利浦的专利设计的一款D类功放(图1)。单路双反馈(高频是正反馈，音频是负反馈)是UCD400功放的特点。由于它的负反馈环路包含了滤波器，所以失真量比较低。UCD400 的开关频率为 380kHz，频率响应是50kHz(-3dB)，功率带宽有 30kHz。UCD400 可以提供180W、400W和700W版本。UCD400模块只包含功率部分(图2)，也就是说需要制作者另外增加电源电路、扬声器保护电路、前级放大电路和音量控制电路等。此模块在国外已销售多年，有很多DIY朋友使用该模块自己装机。我阅读了大量的关于UCD400的装机报告和心得，大家公认UCD400是一款很好的放大器，下面分析它的几个关键参数。

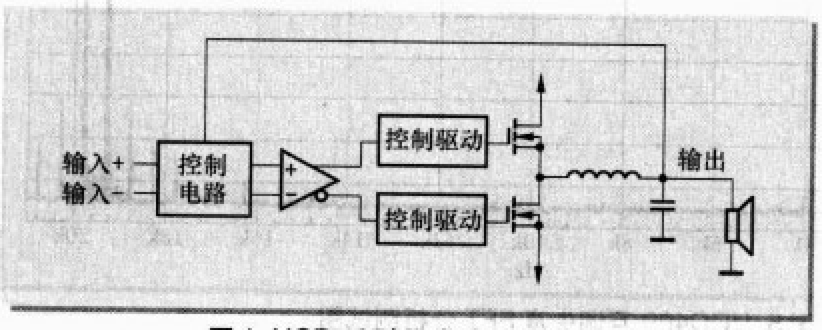


图1 UCD 系列D类功放原理图

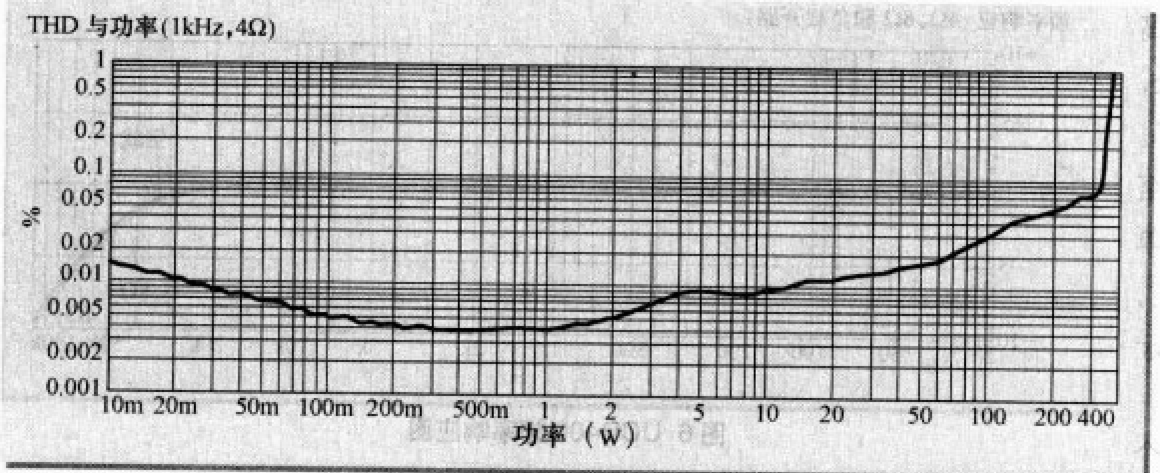


图3 UCD400 功率和失真关系测试图

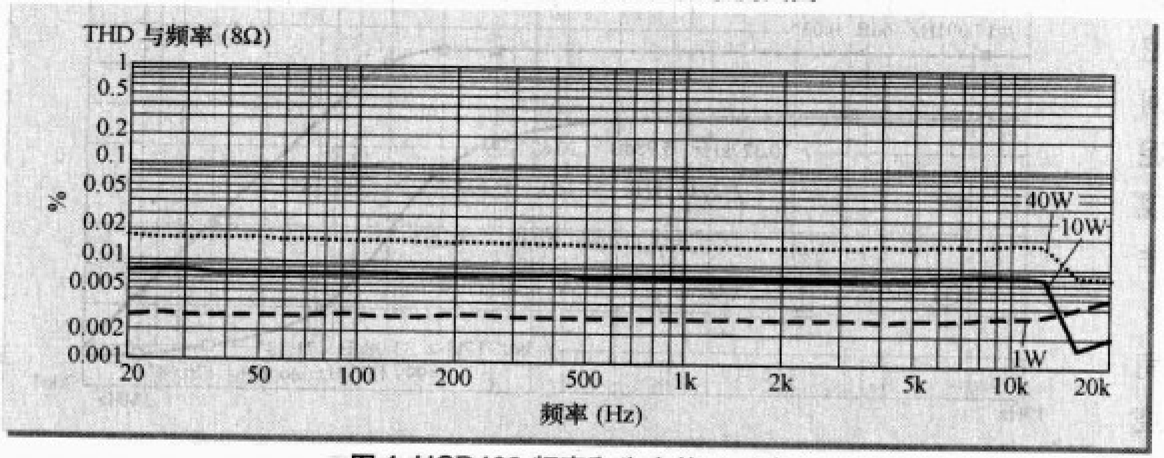


图4 UCD400 频率和失真关系测试图

首先是失真，UCD400 的失真比较低。从图3失真和功率关系图上可以看出，最低失真达到 0.004%，半功率点是0.05%，这已经达到H-End的要求了。从它的 10mW 的失真度只有 0.015% 可得出结论：其底噪应该是比较低的。数据手册上查到是33μV，可惜厂家只提供了4Ω负载的测试曲线，如果能提供8Ω的曲线那就更完善了。

图4所示的是失真和频率的关系，可以看到在高频段的失真没有明显增

加，说明滤波器之后的反馈是可以改善高频失真的。这里还要注意，5kHz 后的曲线为什么往下掉，难道是失真更低了吗？其实不然，因为 UCD400 的测试是接了一个 20kHz 带宽的测试滤波器(AES17 滤波器或者类似)，所以基频 7kHz 以上的频率的失真都是不具有参考价值的。7kHz 的三次谐波是 21kHz，已超出它的测试范围。如果按照四次谐波计算的话，那 5kHz 以下的失真才有参考价值。

这里需要注意的地方是THD和THD+N是两个不同的参数，THD 只计算谐波失真，而 THD+N 是谐波失真加底噪，所以同一个功放的 THD+N 必定大于 THD。一般而言，现代测试指标都使用 THD+N，这样更能综合反映功放整体的素质。而 UCD400 的测试只采用了 THD，当然测试结果是比较好看了，可惜厂家没公布更严格的测试方法下的指标。

图 5 所示的是互调失真的测试，也达到比较高的水平。偶次谐波失真为 -85dB 左右，奇次为 -82dB 左右。互调失真属于动态失真的一种，对听感的影响非常大。

图6所示的是UCD400的频率响应，带宽达到 20Hz ~ 50kHz (-3dB)，而且不同的负载下响应很一致，可以说基本达到了 Hi-Fi 的要求，对比传统的 Hi-End 功放，这个指标的上限一般是在100 ~ 200kHz之间，大家可以在 stereophile 的网站查询各种Hi-Fi功放的带宽指标。关于这个带宽指标，很多朋友可能会误解，人耳可听最高频率是 20kHz，年龄越大，可听频率越低，很多老年人都听不到 15kHz 以上的频率。那么为什么很多功放需要 100kHz，甚至 200kHz 的带宽呢？是不是多此一举？单从频率而讲，人耳是听不到如此宽的带宽，但是这个带宽却影响了另两个主要的指标：转换速率和相位。

普通的 AV 功放一般不太关注这两个指标，但在Hi-End的系统上，它们却是关键的参数之一。音响的带宽越宽，转换速率就越高，瞬态响应也就越好。如果瞬间响应不理想，在播放打击乐时就会有拖泥带水的感觉。瞬间响应好的功放，对表现敲击乐的冲击力和拨弦乐器的音头会有非常明显的效果。

相信很多朋友都有一张TELARC 公司出品的 CD《Ein Straussfest》，广东发烧友俗称“红衫仔”，这个CD里面有很多曲目都收集了一些简单而惊异的爆炸效果，如果用普通的功放听，可以听到是一种爆炸声，但是并不吓人。如果用瞬态响应好的功放听，戳破气球的爆炸声是能让人瞬间有“咯噔”一下的心跳的感觉，就好像一个气球突然在你身边爆破一样，极具临场感。为保证瞬态响应，Hi-End 级别的音响带宽都在 100kHz 以上。Kell 公司的名机 Krell KSA-50S 的带宽就达到 200kHz。在这方面，UCD400 的 50kHz 带宽还是有些欠缺。

可能有些朋友会问：UCD400的带宽为什么不能再拉宽点？其实问题就出在输出滤波器上面。为什么需要输出滤波器，因为这个滤波器主要的作用就是滤除开关信号的残留开关信号，这个残留开关信号过高，可能会干扰其他设备，也就是造成EMI干扰。残留开关信号过高还可能导致高音扬声器的损坏。UCD400的开关频率在380kHz左右，PWM输出

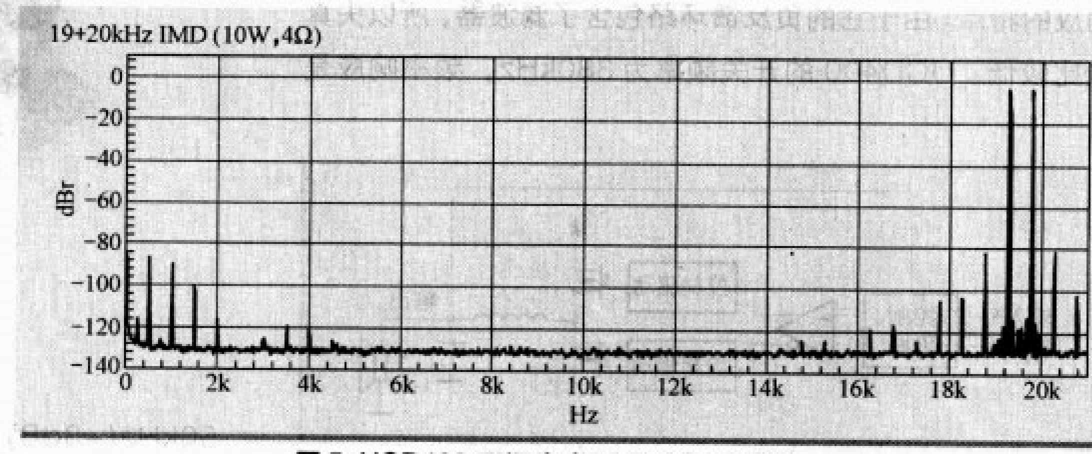


图 5 UCD400 互调失真 FFT 分析测试图

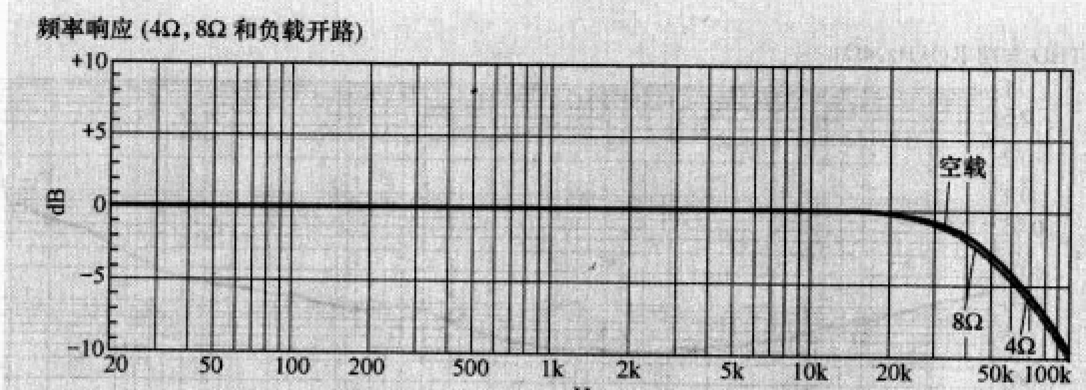


图 6 UCD400 频率响应图

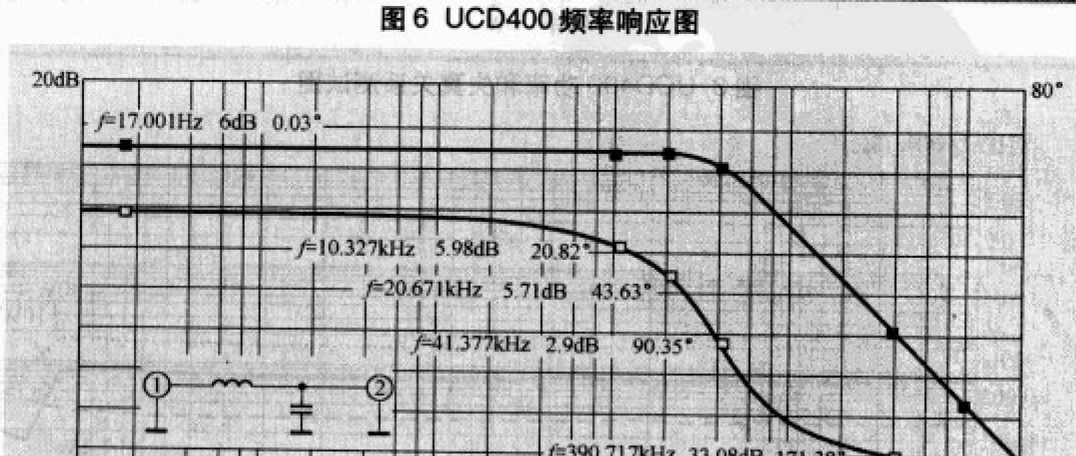


图 7 UCD400 输出滤波器的仿真结果图

电压是130V(65V供电的时候)。我根据UCD的输出滤波器做了一些仿真分析。在图7中，基准为6dBV(请看17Hz处)，一直平直延伸到20kHz(-0.3dB)、-3dB带宽是-41kHz，基本吻合UCD公布的测量结果。在380kHz的频点(PWM振荡频点)衰减了39dB，也就是说，如果输入130V的PWM信号(±65V供电)，在输出端口就有1.4V的残留信号。UCD400的数据手册没有公布这个输出残留，但是网上很多用户都做过测试，输出残留电压就在1.2～1.8V之间(和供电电压有关系)。这个残留电压可以在扬声器端口用示波器观察到，有兴趣的读者可以自己测试一下。

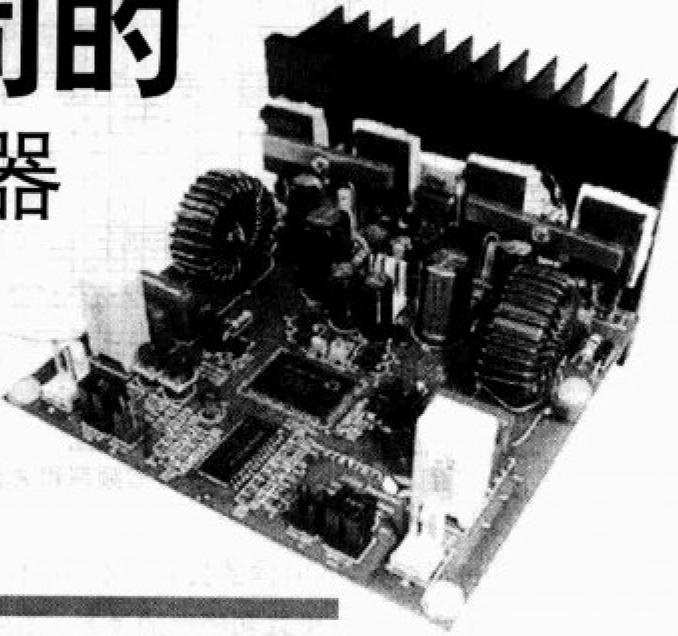
我们再看图7，如果把开关振荡频率提升到1MHz，衰减达到-55.4dB，经过计算，残留电压可以低到0.22V的水平，比380kHz开关频率的残留电压低很多了。

从相移角度分析这个滤波器，从图7可以看到10kHz时相移已达到-20°，20kHz时相移已达到-43°。如此急速的相移变化，很难保证相位的线性度，从Hi-End的角度看，这个滤波器的相频特性已经无法接受。

综上所述，UCD400是一款性能比较好的D类放大器，全频段失真和互调失真都比较低，动态也比较大，基本接近Hi-End级别，但因为开关工作频率相对低和输出滤波器带宽控制得太窄，后级部分的转换速率和相移还不够理想，期待他们新的设计可以解决以上的问题。

【D类音频放大器专题】

Tripath公司的T类功率放大器



○ 文/赵全

Tripath公司的的T类功放，其本质是D类功放(在标准的分类上没有T类)，而它到底和传统的D类有什么区别呢？传统的D类功放工作在一个相对稳定的频率状态，比如IR公司的功放就是工作在400kHz的开关频率。我们通过TC001的数据手册，可以了解它的工作方式。T类放大器是工作在200kHz～1.5MHz，类似一种调频和调占空比的混合调制方式。在静态时，它工作在1.5MHz，输入信号越大时工作频率就降低。

从它的数据手册来看，它的工作方式不适合采用通用的THD+N的测量方式来测量其指标，但是在实际应用中暂时没有更先进和更广泛的测量方案，那么我们还是沿用传统的测量加上一个AE17滤波器来去除高频噪声的干扰，从而得到我们想要了解的指标。

我刚接触到T类功放时很兴奋，因为在我的概念中，工作频率越高，音频中高频特性会越好。比如早期的D类功放，工作在100kHz以下，主要是用于低音炮。因为它的带宽只能到达0～1kHz，而后期不少设计师将频率提高到200kHz以上，则带宽达到了0～20kHz的范围，但这个范围的高频失真比较大，因此，T类功放只能做家用AV功放或者对音质要求不是很高的场合。本文以Tripath公司的TK2350功放为例分析了一下它的技术指标。图1所示的是其输出功率和失真的关系曲线图。

从图中可以看出，整个失真是在0.015%~0.02%(测试条件是80ns死区，如果死区加大，失真将会加大)，失真并不很高，但是也不至于很低。当然要注意这个

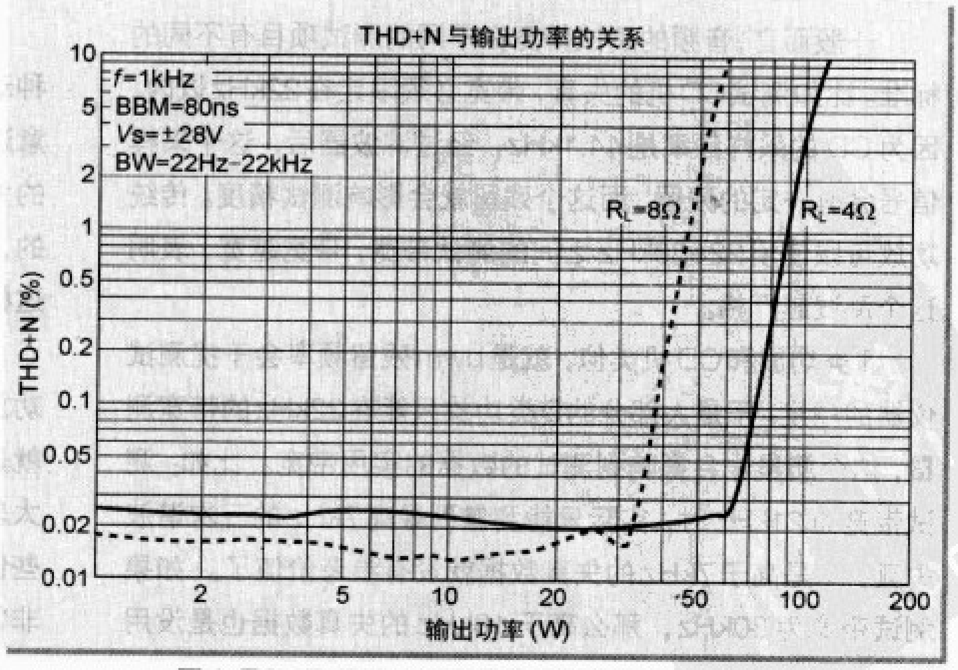


图1 Tripath:TK2350方案功率和失真关系测试图

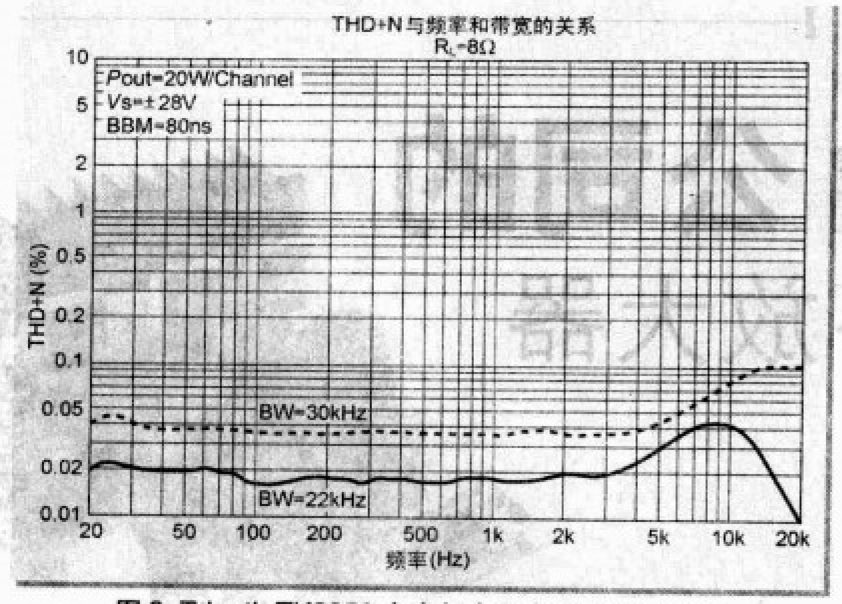


图2 Tripath:TK2350方案频率和失真关系测试图

在1kHz信号输入时候的失真，并不能代表整个频段，所以，我们要再参考它失真和频率的关系，图2所示的是失真和频率的关系图。这是20W时频率和失真的关系图，虚线代表死区为120ns的曲线，实线是死区为80ns的曲线。

从图2中看出，整体失真在0.02%左右，2kHz以上高频失真变大。如果采用120ns死区，7kHz高频失真就达到0.18%以上，可以看出其高频失真非常大。

为什么IR的方案能够达到0.003%左右的最低失真，而TK2350的最低失真却比较大呢(约0.02%)？其原因是和后级滤波器有关，因为T类放大器的变频工作方式，导致了后级滤波器不能完美地滤除高频载波信号，从而导致了高频噪声的增加，所以整体失真偏大。

从两个不同的死区的曲线我们也可以看到，死区会造成失真，根据不同的死区我们要选择不同的输出管。在这个方案中，功率越大，越需要比较大的死区才能保证效率和安全性。另外，根据数据手册，它的底噪非常高(达到260μV)，非常不理想。因此，还要看看其测试带宽。

一般而言，音频的测试带宽在不同的测试项目有不同的标准。比如测试CD机的失真，带宽必须限定在22kHz以内。因为CD的采样频率是44.1kHz，经过滤波器后，这个采样信号会有一定的残留，而这个残留就会影响测试精度。传统功放可以使用22~80kHz之间的测试带宽，带宽越宽，表明这个测试越严格。

T类功放和CD机类似，就是pwm残留频率会干扰测试仪器的精度，于是大部分的D类功放只能在22kHz的带宽测量，这个测量也会影响到测试的数据的实用带宽。比如：测试带宽为21kHz时，实际只能测量到最高7kHz的三次谐波失真，于是高于7kHz的失真数据就没有参考价值了。如果测试带宽为30kHz，那么高于10kHz的失真数据也是没用的。

从图2中，我们可以看出4kHz以下的失真还不算多，从5kHz开始，失真忽然增大很多，到7kHz时为0.03%，是1kHz的3倍。

当带宽为30kHz时，底噪增加了，最低失真只有0.035%。当10kHz时失真已经超过0.1%了，总而言之失真还是比较大的，在0.02%~0.1%之间，高频失真偏大，0.1%的高频失真可以听出细微的高音开叉，这也是在国外的网站中碰到最多的用户反馈。高音开叉的现象，T类几个IC都有类似的特征，国内不少朋友有100W或者10W的数字功放，可以详细地听听。

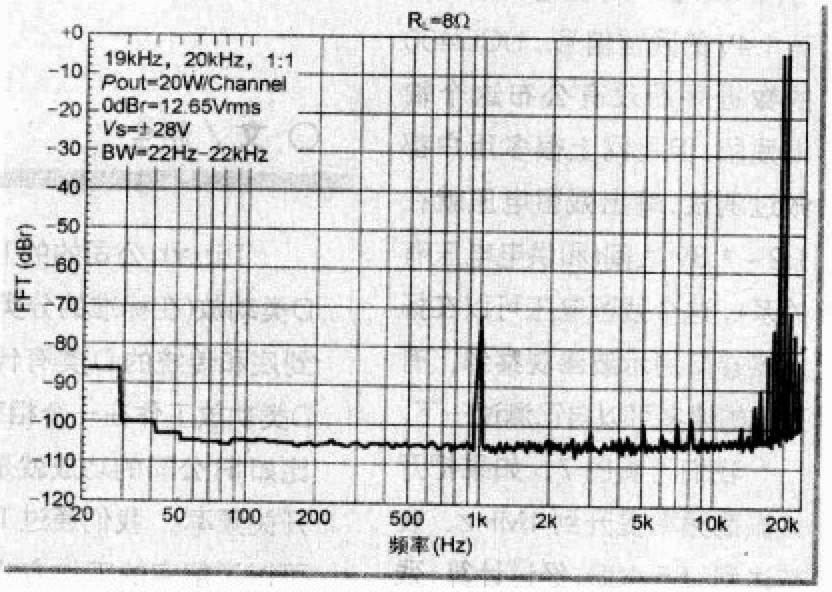


图3 Trjpath:TK2350方案 互调失真FFT测试图

图3所示的是互调失真FFT测试图，从这张测试图中我们没发现50Hz和100Hz的尖峰，也就是说，所有的测试结果都是在高精度、低噪声的实验室里用稳压电源进行测试的。如果我们采用变压器供电，所有指标将会达不到这个测试结果了。这也是为什么有些朋友反映此款功放采用电池比采用变压器供电的效果要好，那是因为变压器的纹波和干扰都比电池大，而用电池供电更能接近IC的理想工作条件。

其次，从这张测试图中我们可知，互调失真可以说是一种动态的失真，它区别于静态的谐波失真，开发的时候要注意这个测试结果。这个指标可以反映在定位的准确度和口型的大小上，在图中1kHz的差频达到-70dB，已经是比较高的，但是按照Hi-Fi的设置，起码要控制在-80dB或者更低，这样定位的准确度才有保证。

以上测试表明，T类功放的指标虽然已经很接近传统的功放指标，但还是没有完全达到Hi-Fi的标准，主要的原因就是底噪大和高频失真严重。T类功放的最大特点是音质不太差、功率大、造价低，体积也可以做得很小，如应用在一些便携式器材上。从节能的角度而言，采用T类功放是一个非常好的选择。

【D类音频放大器专题】

介绍几款适合DIY的D类放大器（上）

文/吴红奎

D类放大器在国内曾被广泛称为开关放大器，这是因其末级(功率输出级)的晶体管工作于开关状态而得名。D类放大器的概念提出得很早，但由于技术、器件的局限，在音频功率放大领域的应用发展仅是近些年的事情。

一、D类放大器的发展状态

目前D类放大器的发展风头正盛，大有赶超模拟放大器的势头，这种快速发展的原因主要有以下几个方面。

1. 模拟信号的采样转换技术的发展

近10年来，音频模拟信号的数字采样转换技术有了一些新进展：例如采用"PDM"（脉冲密度调制）方式的Digital Power Processing™技术、采用"COM"（Control Oscillation Modulation，）方式的ICEpower™技术。传统的以PWM(脉宽调制)为基础的Σ调制也有了新进展，调制信号（三角波或者锯齿波）频率可变的ΔΣ调制也开始进入实用阶段。

2. VMOS高速开关功率技术的成熟

D类放大器的末级需要工作于高速开关状态。BJT(双极性晶体管)一般难以胜任，电子管自身功耗过大，没有实用价值。高速开关性能良好的大功率场效应管VMOS(V型槽沟道型金属－氧化物－半导体器件晶体管)是D类放大器末级管的不二之选。

3. 开关电源技术的发展

D类功率放大器的末级VMOS管的耐压（漏源最大击穿电压）参数明显影响很多技术指标。要使用低耐压级别的VMOS管获得高的技术指标，高效率的开关稳压电源也显得非常必要。

4. 电路结构的研究进展

D类放大器曾一度推崇无负反馈的"开环电路"。但目前的趋势是，电路结构又回到了"负反馈"为主流的状态。在保持高效率的同时，提高实际音质表现、降低成本等问题仍然是D类放大器未来研究的主要方向。在了解、体验D类放大器的过程中，笔者认为应避免进入以下几个认识误区：

第1个认识误区：数字放大器是与D类放大器不同的放大器

有的商业名词将对音频信号进行了数字处理（如PCM、PWM、PDM）的装置也称为数字放大器，这可能掺入了炒作的因素，该论点是不对的。数字化处理不是放大，从放大的角度来看，D类放大器就是一种数字放大器。但笔者以为还是不要将D类放大器称为数字放大器为好。

第2个认识误区：D类放大器的性能已经全面赶超模拟放大器了

事实上，在同一级别上，D类放大器的音频指标现在还难以超过模拟放大器。D类放大器由于需要至少两次模拟/数字转换，由此会带来一定的失真。随着技术的发展这种失真会越来越小，而且应用数字技术还可以对模拟音频信号进行修饰(补偿)，但这种修饰从另一个角度来看也是一种失真。

第3个认识误区：D类放大器更适合数字音源

事实恰恰相反，D类放大器采用模拟音源时的表现更好。D类放大器并不能直接放大数字存储格式的音源，目前最常见的数字音源、如PCM(Pulse Code Modulation，脉冲编码调制)或DSD(Direct Stream Digital，数字音频流)，都需要进行转换才可适用于D类放大器。

第4个认识误区：D类放大器的价格更低廉

目前D类放大器的成本比模拟放大器要高，尽管D类放大器发展迅速，但毕竟发展时日尚短。由于D类放大器的高效率特性，对功率器件的功耗指标和散热器的要求都相对较低，未来的D类放大器的成本会低于模拟放大器。

二、适合DIY的几种D类放大器

本文下面举几个外围电路相对简单、电路形式和供电方式与模拟放大器类似、成本相对低廉的D类放大器器件，供新入行者参考。

1. NSC的LM4651+LM4652

NSC（National Semiconductor美国国家半导体公司），是我们非常熟悉的音频器件制造商。NSC的D类放大器以针对便携设备（输出功率1W左右）和平面显示设备（输出功率10W左右）的中、小功率为主，这也是目前D类放大器在技术和市场应用都比较成熟的领域。

在大功率方面，NSC目前只有LM4651+LM4652组合，LM4651是模拟音频输入的PWM调制和全桥推动IC，单通

道设计。LM4652是全桥输出级IC，除了一些保护功能外，可以近似认为是4个特性一致的同极性大功率VMOS，实际上也可以采用4个VMOS管代替组成分立元件的末级与LM4651搭配。LM4651+LM4652组合的电路形式与常见的模拟放大器非常相似，对称双电源供电，单端模拟输入，闭环负反馈电路结构。它们的主要特点如下：

● 经典的PWM调制方式，即模拟音频信号与三角波相加的Σ(比较器)方式，调制开关频率(三角波频率)可以通过一个外部电阻调整，范围为50～200kHz。

● R_L = 4Ω条件下的输出功率可以达到170W，输出功率为125W时的效率为85%。

● 10～500Hz范围、R_L = 4Ω、输出功率为10W条件下的THD指标优于0.3%。最大输出功率时的THD = 10%。

● 软启动和欠压锁定功能。前者可以消除开机对扬声器的冲击，省去输出端的延时继电器。后者则保证系统只有在供电正常的条件下才会进入工作状态。与模拟放大器不同，欠压锁定功能对于D类放大器非常必要，IC（LM4651）中的三角波振荡器、驱动电路推动末级VMOS以开关方式工作。如果供电电压不足而电路未被锁定，末级会因推动电压不足退出开关工作方式，导致效率下降、失真和功耗明显增加，系统过热而进入保护状态。所以欠压锁定和软启动电路是目前D类放大器IC中的标准单元。

● 过调制保护。模拟信号的峰值最大幅度不能比三角波的大，否则会产生比较信号“丢失”的现象。这类似于模拟放大器中的“阻塞失真”现象，过调制保护就是要检测模拟音频信号的幅度并自动调整内部缓冲放大器的增益。

● 外部可设定的电流保护和过热保护。短路保护的电流阈值由LM4651的18脚(SCKT)外接电阻设定。如果末级因为短路等原因造成电流过大，自身必然迅速发热，通过TSD端子由过热保护功能间接实现过流保护。

LM4651采用的是双列直插的DIP28塑料封装，LM4652采用的是NSC功放IC常见的TO220 15L封装，有散热片绝缘和不绝缘两种形式。封装代号分别为TA15B和TA15A。二者的引脚定义如图1所示。

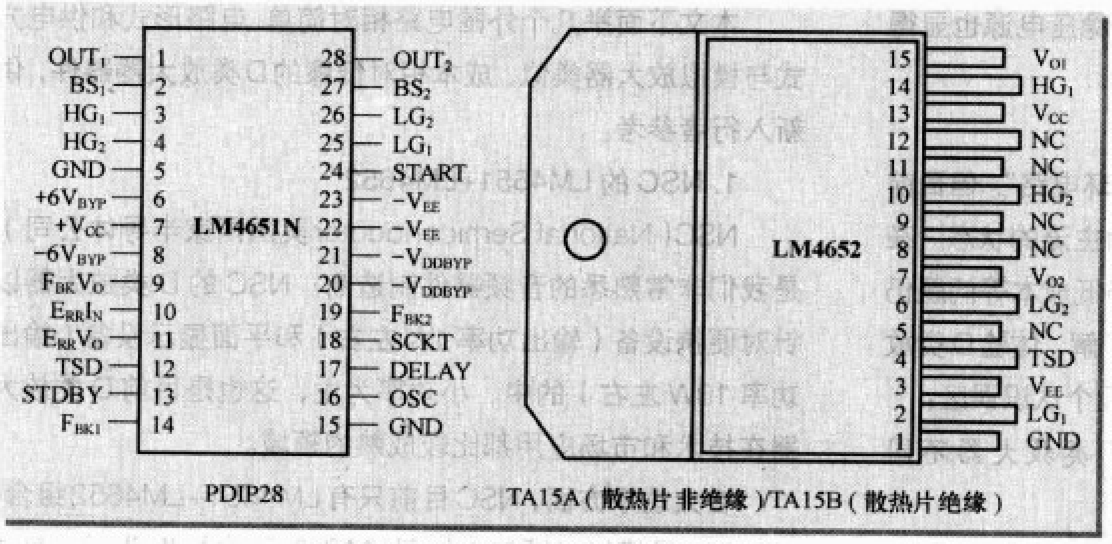


图1 LM4651和LM4652的引脚定义

LM4651+LM4652组合可以构成大功率的重低音放大器或大功率有源音箱，图2所示的是由这个组合构成的全频带大功率音频功率放大器。

输入端的IC1是由LM833组成的缓冲放大器，IC1A的输入端由Rin和Cin组成带通滤波器以滤除带外音频噪声，IC1B构成10 V/V的反相放大器。LM4651+LM4652组合的电压增益比较低，一般在5V/V以下，因此加入缓冲放大器是必要的。S1是静音开关，接地使静音有效。可调电阻Rosc用来调节调制频率，虽然调节的范围是50Hz～225kHz，但推荐的频率是175kHz以保证在整个音频范围内的失真度指标。

LM4651+LM4652部分的增益由如下公式计算，式中的电阻的单位是Ω，电压的单位是V，增益的单位是V/V：

$$A_V=\{[R2/(R1+100)]\times[(RFL1+RFL3)/RFL3]-[R2/(R1+100)]+0.5\}+[(VCC-20)\times 0.0175]$$

输出滤波器LPF的电感L1、L2和电容CBYP与负载是有关系的。对4Ω负载，推荐的L、C参数是：L1=L2= 10μH，CBYP = 0.47μF。如果改接8Ω或者其他阻抗的负载，其值要做相应的调整。

图2电路的主要技术规格如下：电源电压：±17V；输出功率：60W（8Ω，THD=10%）；100W(4Ω，THD = 10%)；频响：20Hz～20kHz；环境温度：≤50℃。

2. ST公司的TDA7490

ST（STMicroelectronics，意法半导体）也是老牌的半导体制造商，其音频功放IC以声音亮丽、高音清晰著称。我们比较熟悉的TDA7294、7293就是该公司的产品。在D类放大器方面ST也是一直不遗余力，采用经典Σ调制方案的有TDA7480、TDA7490系列。在获得了Apogee公司的DDX™（Direct Digital Amplifier，意为“数字直放”）数字处理专利技术的授权以后，ST开始专注于开发DDX技术的D类放大器。可以这样说，虽然DDX技术是Apogee公司的，但是将DDX技术发扬光大的应该是ST公司。

DDX是一种PCM→PWM的数字转换技术，可以将PCM数字音频信号高质量的直接转换为PWM信号，兼容常见的各种数字输入接口。DDX的主要特点是可以实现100dB以上的信噪比和动态范围，这样的指标即使是模拟放大器也不是可以轻松实现的。

采用DDX技术的STA30x+STA50x系列两片式D类放大器是目前ST公司的主打产品，但是在国内的应用并不广泛。其中的

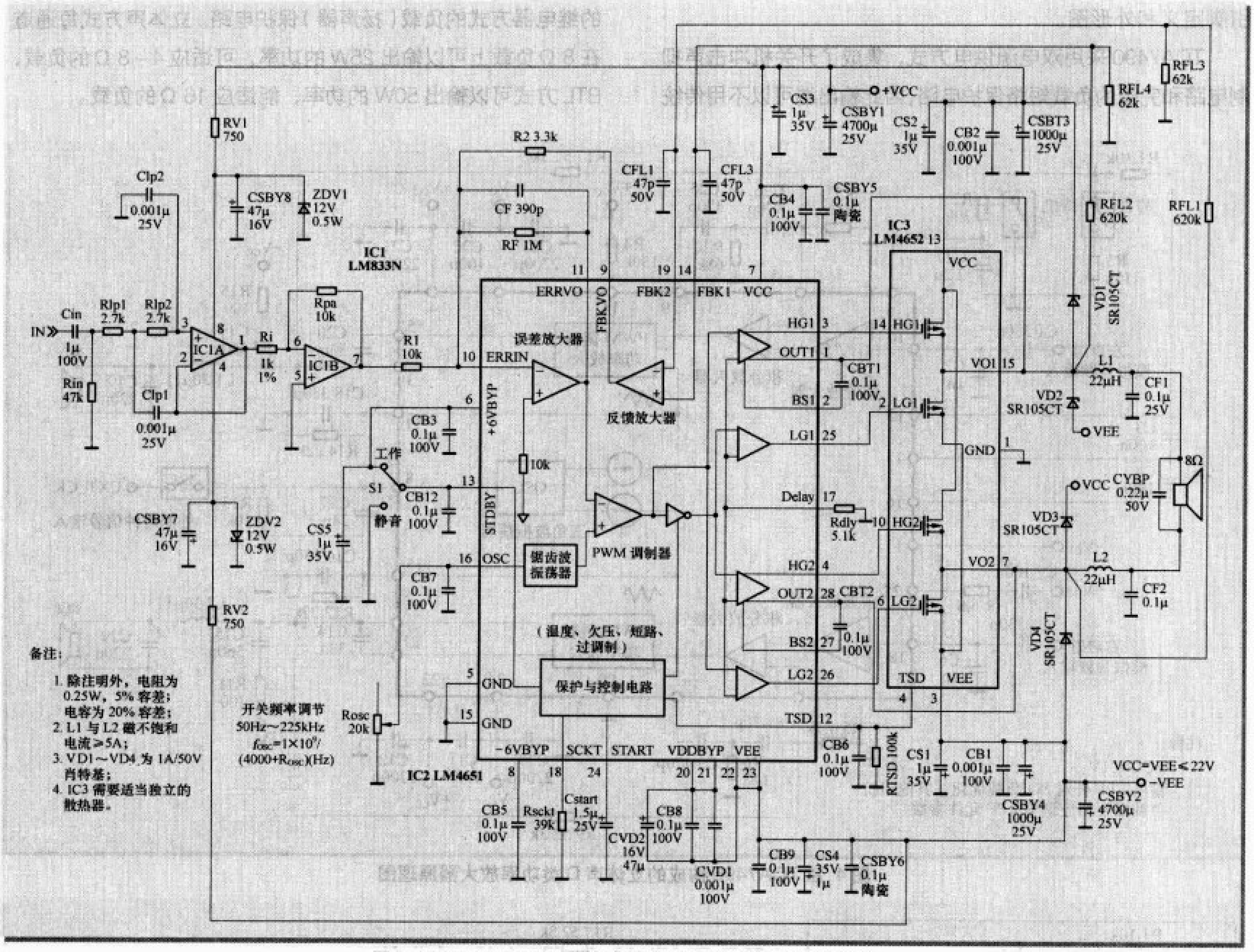


图2 LM4651+LM4652 构成的大功率全频带功放原理图

STA304+STA505 组合曾被国内某多媒体产品采用。采用 DDX 技术的最新的产品是准单片型的 STA323、STA326、STA328。完整的功放电路需要DSP(数字处理器)或者单片机、mP(微处理器)的控制配合。这个系列支持软件声道配置（单声道、双声道、2.1 声道），同时集成了 ST 公司自己开发的 "AutoModes" 技术以实现更丰富的音频调节功能，如数字图示均衡器、数字等响度控制等。

ST 的 D 类放大器产品在国内并不多见，TDA74xx 系列相对比较容易找到，在零售、拆机市场上都可以找到，如果运气好的话还有可能找到完整的电路板。虽然没有包含 DDX 等新技术，但性价比很高。由于电路结构和模拟放大器很相似，制作起来也比较容易成功。

TDA7490 系列是继 TDA7480 系列之后的产品，输出功率大幅度增加并且由单声道改为双声道。TDA7490 系列包括 TDA7490、TDA7490LSA、TDA7490SA 三个型号，不带字母后缀的 TDA7490 的输出功率最大并且支持 BTL 单声道模式，而带字母后缀的型号的输出功率相对小一些但支持单电源供电方式，更适合电视机等场合的应用。图3所示的是TDA7490的

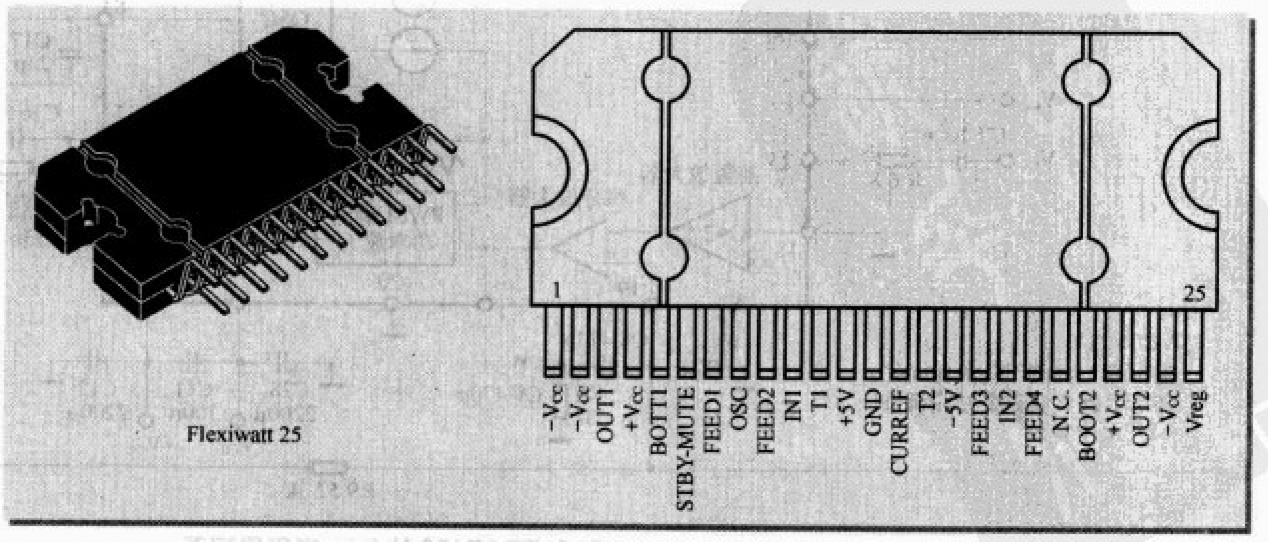


图3 TDA7490 的引脚定义和外形图

引脚定义和外形图。

TDA7490采用双电源供电方式，集成了开关机冲击声抑制电路和完善的负载短路保护电路，因此输出端可以不用传统的继电器方式的负载（扬声器）保护电路。立体声方式每通道在8 Ω负载上可以输出25W的功率，可适应4~8 Ω的负载，BTL方式可以输出50W的功率，能适应16 Ω的负载。

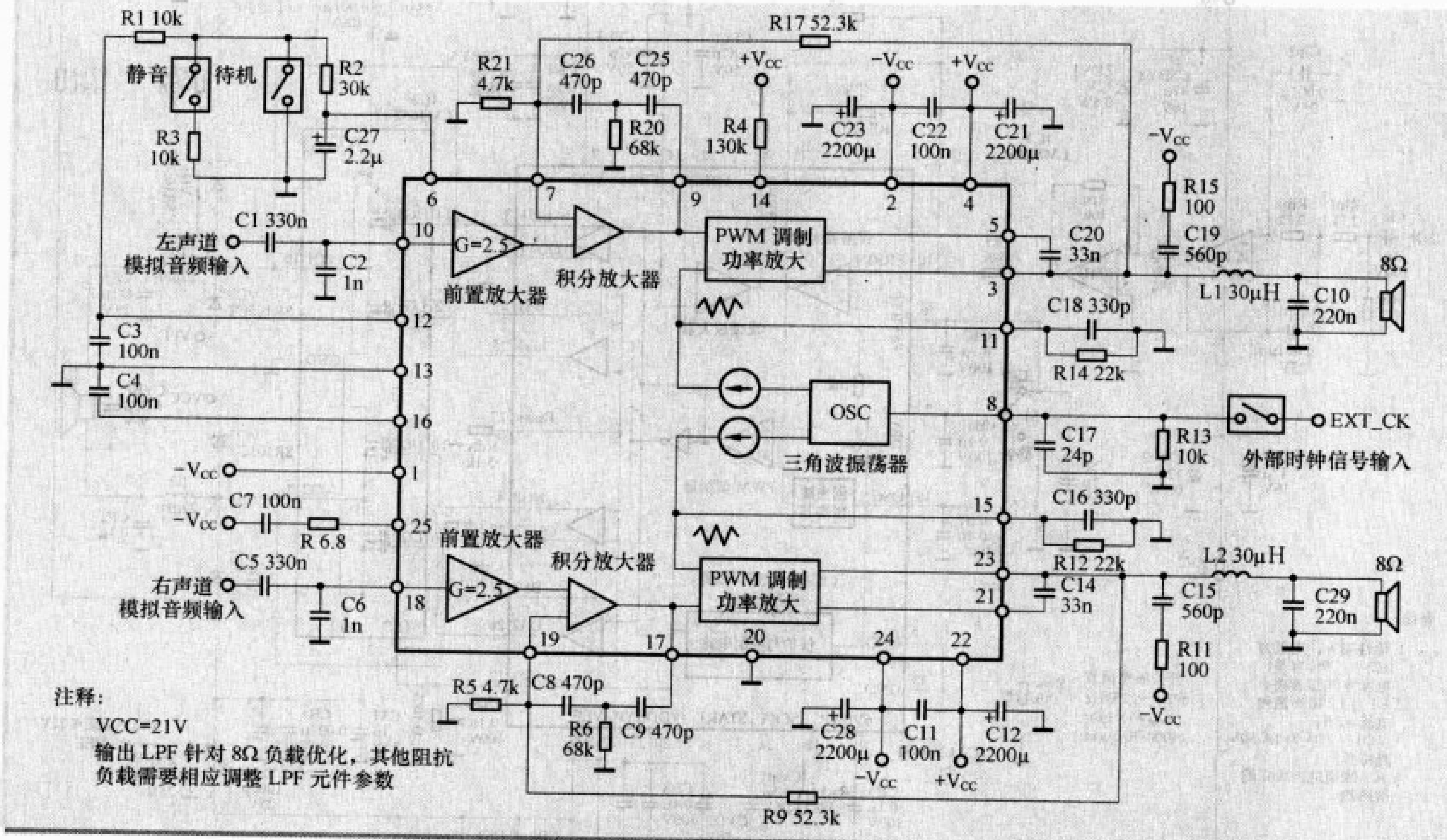


图4 由TDA7490构成的立体声D类功率放大器原理图

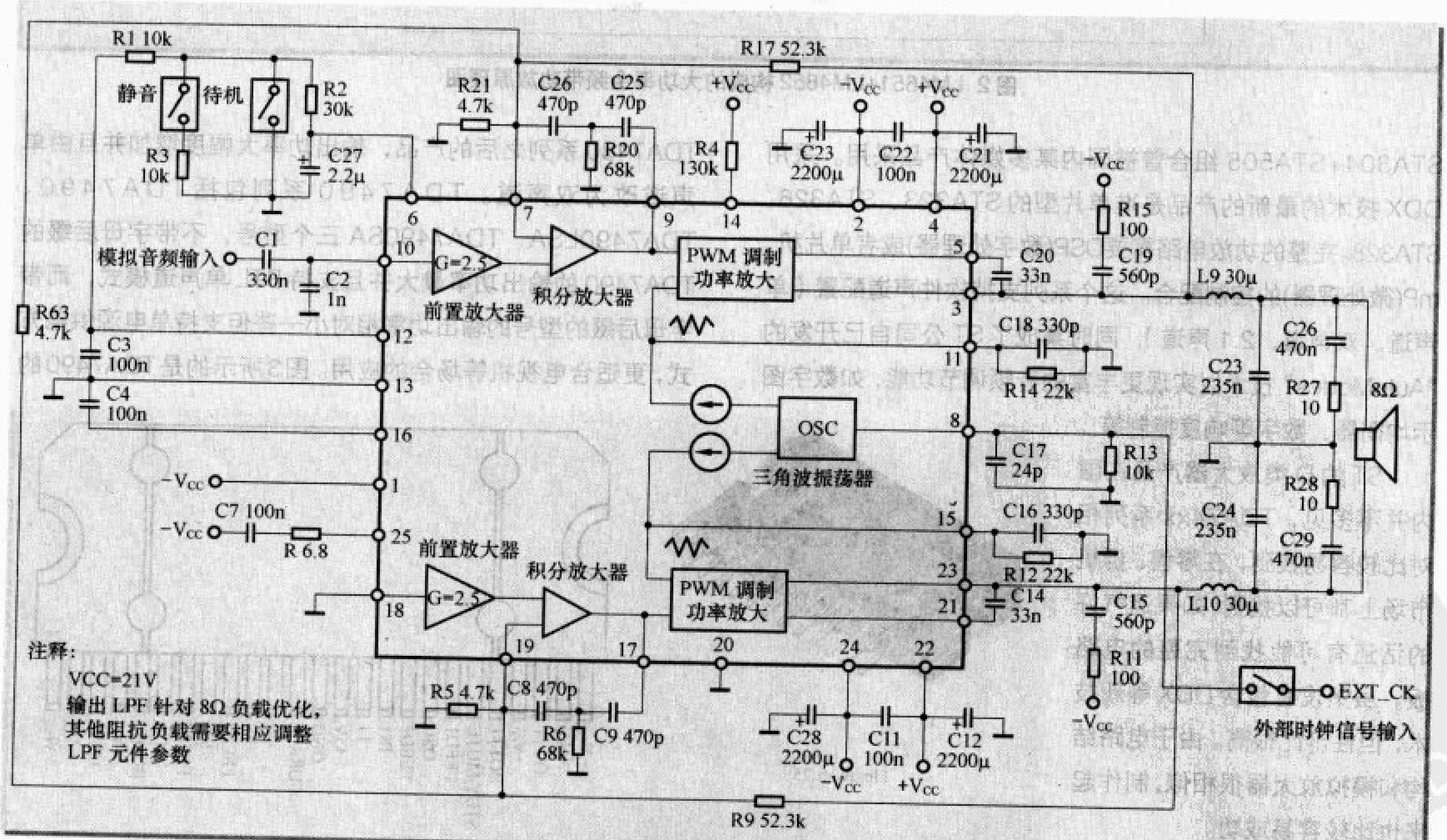


图5 TDA7490的BTL应用原理图

TDA7490还集成了过热保护功能和外同步端子以适应多片同步工作，如BTL方式的双通道放大器。它的另一个特点是双声道/BTL方式的转换非常简单，只需要将一个输入端接地即可，这种设计在ST的模拟音频功率放大器IC中也很常见，采用类似设计的还有Philips等公司。图4所示的是TDA7490双声道应用的电路原理图，图5所示的是BTL应用的电路原理图。

在图4中，模拟音频信号分别从TDA7490的10、18脚输入，从3、23脚输出，5脚、21脚是自举端子。6脚是工作模式控制脚，不同电位决定电路的工作状态，控制电平由内部基准电压+6V输出端12脚获得，6脚则是内部-6V基准电压，两个引脚分别外接旁路电容，基准电源是为内部电路设计的，不能供系统的其他外电路使用。4脚和22脚、2脚和24脚是内部输出级正、负电源供电端子，1脚是内部小信号电路的负电源供电端，11、15脚分别是两个通道的三角波波形整形端子，外接阻容元件对内部方波振荡器输出的方波进行积分获得PWM比较器所需要的三角波。8脚外接的阻容元件是内部振荡器的定时元件，频率范围是100～230kHz，也是外同步信号的输入端。当有外部输入并且频率比内部振荡器的开关频率高的时候，内部振荡器被强制同步为外同步频率。14脚是限流控制端子，外接的电阻可以设定短路保护电流阈值，最大值不超过5A。电路的增益由R21和R17、R5和R9共同设定，所以这4个电阻的精度要达到1%，并且应两两尽可能相等。推荐的环路电压增益是30dB。TDA7490的典型效率优于80%，最大可以达到90%以上，即使如此，因为输出功率比较大，小体积的独立散热器仍然是必须的，尤其是BTL应用的时候。

3. Philips的TDA8920B

与NSC、ST公司类似，Philips(Philips Semiconductors，飞利浦)也是音频功放IC产品线比较全面的公司之一，其产品面包括了家电、消费、车载等应用领域。音频功放IC有AB类、H类和D类三大系列，输出功率有从1W到100W的多种。目前，Philips公司的音频功放IC的重点是视频显示设备和车载方面的应用，输出功率多在25W、50W、70W左右。D类放大器也不例外，而其中又以针对平板显示设备的25W左右型号居多。

Philips的功放IC以音质甜美著称，早期的模拟功放IC，如TDA1514(1989年上市)、TDA1521(1994年上市)等已经为我们所熟知，其D类放大器也很好地继承了模拟产品的特点，电路形式以经典的Σ(比较器)调制为主，有单片型也有两片型的，主要针对电视机(输出功率20～40W)和一般家用放大器(输出功率70～100W)的应用。双电源供电，典型效率为90%。固定增益，无需外部元件进行增益设定与反馈控制。全差分输入方式，外围电路和立体声/BTL转换非常简单。保护功能完善是其明显特点。

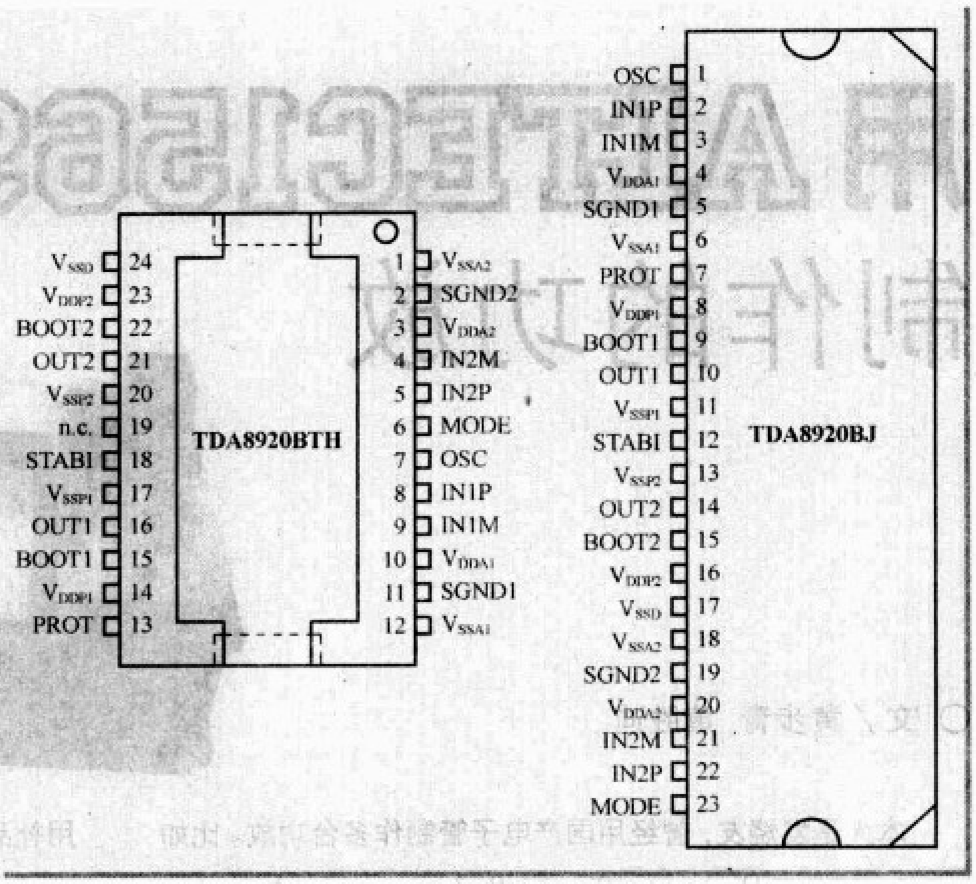


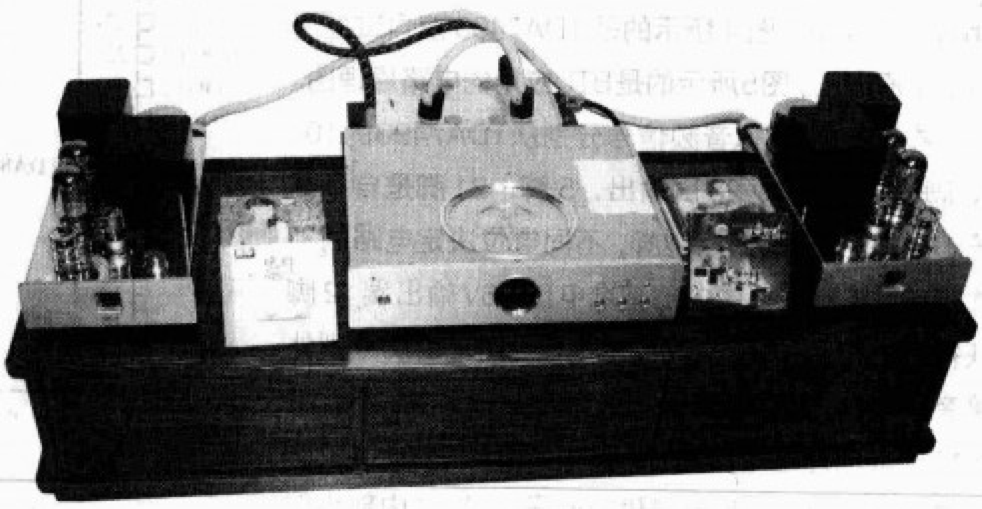
图6 TDA8920B的两种封装引脚定义

Philips早期的一些D类放大器功率输出级的系统设计曾采用过被称为“自激振荡(self oscillating)”的PWM调制方式。这是一种简化的Σ比较器调制方式，特点是振荡器和比较器的合二为一，利用反馈进行移相使放大器产生高频振荡，由此产生的信号作为比较器的比较信号。Philips新近申请的“UcD(Universal Class D、通用D类放大器)”专利则进一步发展了这种电路结构。整个电路采用分立元件设计，电路形式简单，与常见的OCL模拟音频功率放大器非常相似。

TDA8920B是针对一般家用放大器的D类放大器IC，输出功率比较大。双通道立体声方式工作时的典型输出功率为每通道100W，BTL方式的典型输出功率为210W。TDA8920B的输出级还采用了零死区时间开关控制(Zero dead time switching)技术，这种技术有助于提高末级VMOS的最大导通时间从而提高电源的利用效率，因此在相同电源电压下采用这种技术可以输出更大的功率。从另一个角度说，相同的输出功率可以采用相对比较低的电源电压，末级的VMOS也可以选用低耐压的品种。由于VMOS的低导通电阻特性，因此相对低耐压的VMOS构成的末级在理论上能实现比较高的效率。

TDA8920B有HSOP24(TDA8920BTH)、SIL23P(TDA8920BJ)两种封装形式，引脚定义和大致的外形如图6所示。

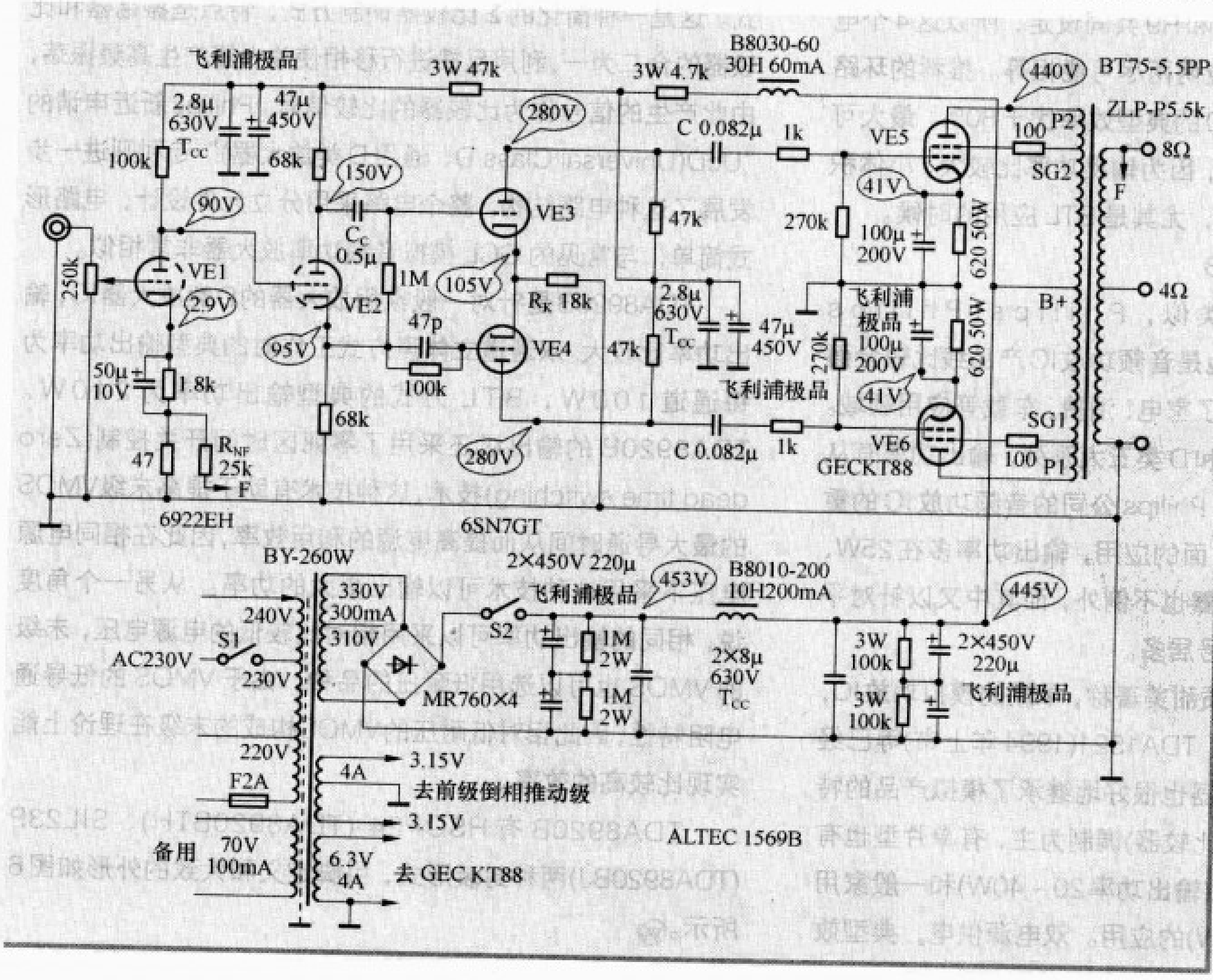
用ALTEC1569B制作的功放



○ 文／黄步青 黄胜迪

本人是发烧友，曾经用国产电子管制作多台功放。比如6P1、6P6P、6P3P、FD422、FU807等。现在使用的就是自制的“ALTEC1569B”（见附图）。之所以称之为“ALTEC1569B”，是因为在ALTEC1569A原机的基础上做了多项的改动和打摩。此功放使用了大量的国产电子管（6N11、6N8P、6P3P），其听音效果比市面上售价上千元的成品机不相上下。一位朋友就是因听过我的功放之后中了“毒”，在无法推辞之下，我同样以ALTEC1569A作为蓝本，用补品为他制作一部1569B功放。

美国ALTEC公司是20世纪30年代从事音响系统的研发和制作，许多产品声誉全球。ALTEC的前级放大倒相电路设计和英国著名功放威廉逊放大器基本相同，ALTEC的特殊之处是倒相器与对称驱动放大级之间采用特殊的准直接耦合方式。所谓准直接耦合不是常见的直接耦合，而是一种电阻耦合与电容耦合相结合的耦合电路，会使得耦合电路低端截止频率可以达到近似直接耦合的效果，所以称之为准直接耦合。自威廉逊放大器开发以后，为了避免低频衰减斜率过陡造成的相移过大，名牌放大器大多采用一级直接耦合、一级准直接耦合，这样使得有四级放大的放大器只有2个基准频率，从而使放大器的频响相位特性得到极大的改善。图中的C_C（0.5μF）作为P-K分割倒相管屏极输出端与对称驱动放大级之间的耦合电容。倒相管阴极输出端与对称驱动放大级采用准直接耦合电路，倒相管阴极输出的直流电位和信号电压，经过100kΩ电阻加到对称驱动放大级



下管栅极，47pF小电容则和100kΩ电阻构成高音提升网络。为了使对称驱动放大级得到合适的栅负压，两管阴极共用18kΩ电阻Rk，其压降（105V）与倒相器阴极的95V电压一起使对称驱动放大级的栅负压U_g=-10V。1MΩ电阻作为上管栅极的直流通路，使上管栅极电压也为95V。此准直接耦合电路，使得耦合电容C_C两端压差仅为55V，抑制了其漏电流的产生，使得下一级的工作点更加稳定。

在仿制时作了以下改动：

1.输入兼倒相级

把电压放大倒相级由原来的6CG7改为俄罗斯管6922EH，该管是低噪声中的μ双三极管（与国产6N11相同），很适应用于前级输入低电平信号放大，对提高微弱信号细节的信噪比极为有利。由于双三极管复合结构的对称性很好，所以该管经常被仪器里用作差分放大器。其输入电容C_{in}仅为3pF，输出电容C_{sc}仅为1.8pF，极间电容C_{ag}仅为1.8pF，优于6CG7，选用这样的低噪声高频管对放大器的频响更加有利。

2.对称驱动级

由于6CG7难觅，于是改由6SN7担任推动管，组成共阴极驱动放大电路，屏压取280V，阴极电阻仍为18kΩ，为电流放大级提供48V_{P-P}驱动信号电压。

3. 功率放大级

功率放大级由原来的6CA7改由英国GEC公司生产的GEC KT-88，有些人认为KT-88除了低音强劲之外，没有其他长处。其实并不然，所有的胆友都知道KT系列的放大管名不虚传，其中KT-88身价最高，因为它输出功率较大，而且Hi-Fi史上采用KT-88/6550的胆机多不胜数，所以麦景图M-275的用户如果没有用过KT-88（金狮胆）的话，就不知道M-275可以靓声到什么地步！原机1569A采用4只6CA7并管推挽输出，且采用固定栅负压。现改为2只GEC KT-88推挽输出，采用自给栅负偏压方式，完全由前级推动信号电压来激励，这样保真度高，许多进口名牌机都会采用自给栅负偏压来设计功率放大级，由原来的标准接法改为超线性（UL）接法，这样功率会有所下降，但保真度高。若发烧友不追求功率大的话，还可以采用三极管接法，直接把帘栅极通过100Ω电阻接到屏极。三极管接法使人声更甜美，但输出功率又会有所下降。超线性接法的功率和人声的甜美度处于标准接法和三极管接法之间。相信现在很少人采用标准接法了，除非你喜欢大功率而不求Hi-Fi，那又另当别论了。经试听，两个0.22μF的耦合电容改用0.082μF，把负反馈电阻调到25kΩ，加并750pF云母电容，此时听感最好。

4.电源供给部分

电源部分也作了很大改动，原机的胆整流，改由MOTOROLA快速恢复二极管MR760担任，可节约能源、降低成本、缩小体积。整流的正端设一高压延时开关S2，先预热2分钟再合上S2，以保护胆管不至于过早老化。所有电解电容采用飞利浦极品电解220μF/450V，飞利浦电容人声平和亲人、平滑性强。扼流圈B8010-200（10H/200mA）前后并上两只TCC油浸电容（8μF/630V）以保电源平滑，同时有校声作用。该电容已经被炒到身价不菲。另外，在前级和倒相级加并TCC油浸电容做退耦电容（2.8μF/630V）。

5.用料选择

在设计时，机壳也不能马虎，我采用深圳博韵音响BY-35A的单双声道分体机壳，电源变压器和输出变压器也采用博韵音响订做的。电源变压器的型号为BY-260W，很人性化，有多组电压输入：220V、230V、240V。笔者因电网电压偏高使用的是230V抽头。输出变压器的型号为BT75-5.5PP。输出变压器是整机的关键所在，胆机大师曾德钧先生曾说过，一部胆机的好声与否，取决于输出变压器的素质，可见输出变压器的重要性。电阻除了4只自给电压的用了50W的DALE铝壳封装外，其余全部使用DALE ±5% 3W或2W的。耦合输入电容采用SPRAGUE（思碧）vitamin Q油浸电容。电解电容、耦合电容全部取适量的麻包袋包好、包紧，最后用合适大小的热缩管封好，这样做的目的是使其容量更稳定，传送信号更平滑。这是香港发烧友经常使用的招数。音量电位器采用23挡步进DALE ±1% 250kΩ、AB碳阻精密电位器。机内线使用1.5mm特富龙（TEFLON）镀银线和特富龙单芯屏蔽线，输入端接地。

6.安装与调试

整机采用搭棚焊，所有阻容件均用数字表检测、配对，确保左右声道平衡度。先布好管座、灯丝线、接地母线（2.5mm的紫铜线）焊好阻容件，把第二层支架装好，再装电源变压器、输出变压器。先不插胆管，测量灯丝电压；高压供电是否合适，空载时高压部分都会偏高很多，这是正常现象。看机内有无跳火，再仔细检查一遍后，插上胆管测量各个工作点电压是否正常。工作点电压基本正常后，送一个1kHz的正弦波信号，用示波器观察VE2屏极波形和阴极波形幅度是否输出一致，再送1kHz方波重复调试一次。若输出信号幅度不一致，可调节VE2阴极电阻来解决。一般情况下，管子如无质量问题，参数一致时都无需调整。然后不加信号接上负反馈电阻R_{NF}，看扬声器是否有啸叫声，若出现啸叫声，则把输出变压器与功放管连接的4条线对调即可。再测两功放管阴极电压是否一致，若不一致，可对调两管位置。为安全起见，要用右手单手操作测量电压，要使用数字表来进行测量，不要用普通指针表来测量电压，因其内阻太低会导致极大的电压误差。脚下要放置一块踩脚的木板

【相关知识链接】

电子管放大电路的几种接法

○ 文/黄步青

在束射四极管推挽功放电路中，由于束射四极功放管帘栅极的工作状态不同，对阳流的大小、失真度、输出功率和声音的表现等都有一定的影响，因此通常会有以下3种接法。由于接法不同，所表现的音色也有所不同。

1. 标准接法

图1所示的是标准接法推挽功放电路。当采用束射四极管时，输出变压器初级的屏至屏的负载阻抗一般为5~10kΩ，电子管的供电由B+端输入，前级推动信号由功放管的2个栅极输入，采用自给栅负偏压方式。此电路的特点是：输出功率大，失真大，频响特性一般。

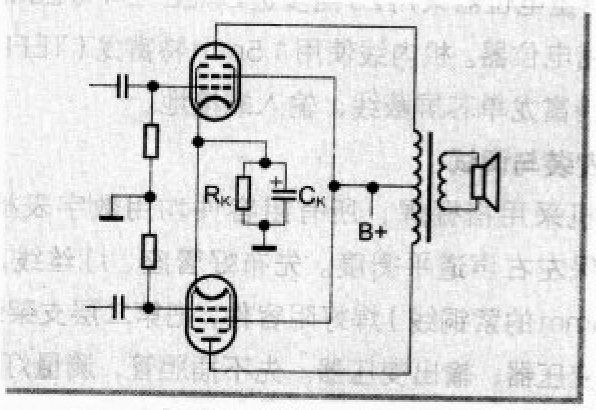


图1

2. 三极管接法

图2所示的是三极管接法的推挽功放电路。这种接法是将电子管的帘栅极与屏极直接相连，将屏极的输出电压全部反馈到帘栅极。因为是深度反馈，所以对改善放大器各种特性的效果良好，但其深度的帘栅极反馈会大大地降低输出功率。此电路的特点是：保真度高，频响特性较好，输出功率较小。

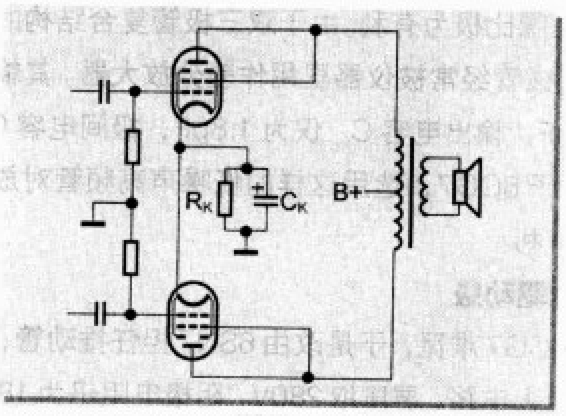


图2

3. 超线性接法

图3所示的是超线性接法推挽功放电路。这种接法是在输出变压器的初级加设了帘栅极抽头，使得屏极的输出电压部分反馈到帘栅极，由于是适度的反馈，对改善放大器的性能有一定的效果。此电路的特点是：输出功率居中，失真系数与频响特性较佳。

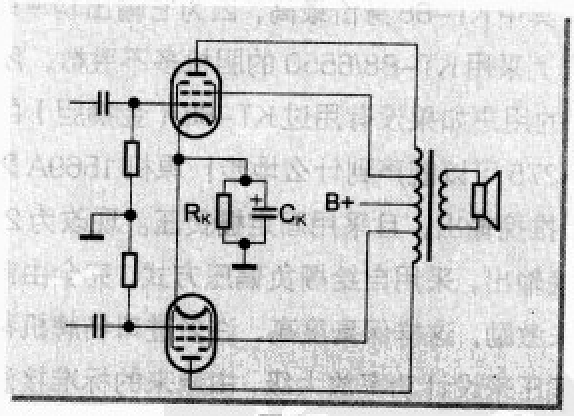


图3

或胶垫，以防电击！上述工作完成后，就可以放送音源试听了，若对音色不满意，可调整那些油浸电容的容量和负反馈电阻的大小，来达到校声目的。本功放的基本参数：信噪比为90dB（输出功率在30W有效值时），残留噪声为0.32mV（音量处于最大时、8Ω输出端子处），频响为10Hz~50kHz（-2dB），THD≤2%，重量为19kg/台。

7.器材搭配

与此功放搭配的器材有：八达HD-23顶开胆输出CD机，PROAC Response2.5落地音箱，古河信号线，KiMBER音箱线，CMC插接件。

一款方便音响爱好者使用的
多功能计算软件
——eTools 2.0 版本软件使用介绍

○ 文 / 语蓝

笔者是个音响爱好者，工作之余，经常DIY一些自己喜欢的音响电路，然而，在设计电路的过程中，经常需要进行一些计算，这些繁琐的计算浪费了不少时间。现在虽然网络上有许许多多相关的软件，但有些使用得不顺手，有的软件只能支持一种功能，这样需要收集较多的软件，不仅使用麻烦，而且需要使用的时候找起来也麻烦。因此，我萌发了写一款集合多种常用功能的相关计算软件的想法，于是eTools 2.0 版本软件诞生了。

eTools 2.0版本软件已放在本期的配刊光盘中，欢迎感兴趣的读者下载使用。该软件的界面左方是功能选择（图1），点击相应按钮，即可在右边的功能主画面上显示出相关功能。下面介绍软件中各个功能的使用方法。

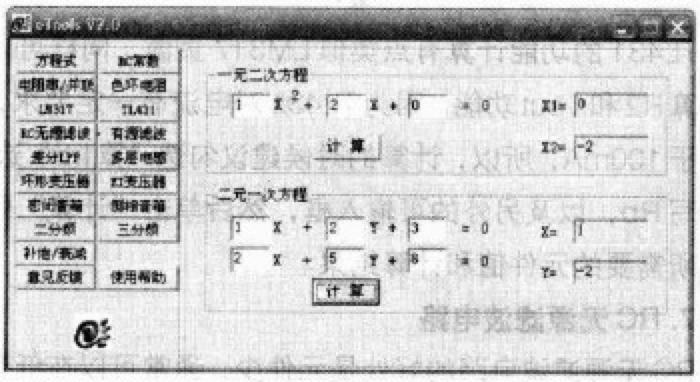


图 1

1. 方程式求解

该功能支持一元二次、一元一次、二元一次方程组求值。支持正负数，小数系数的输入（分数系数请先自行转换），其使用方法很简单，输入相关参数，单击“计算”，在页面右边的结果栏里就会出现答案了。

2. RC 时间常数计算

这是计算 RC 时间常数的一个功能。RC 时间常数是电路里经常用到的一个基础电路。这里，我只对 RC 电路里的电容充、放电时间进行计算（图2）。

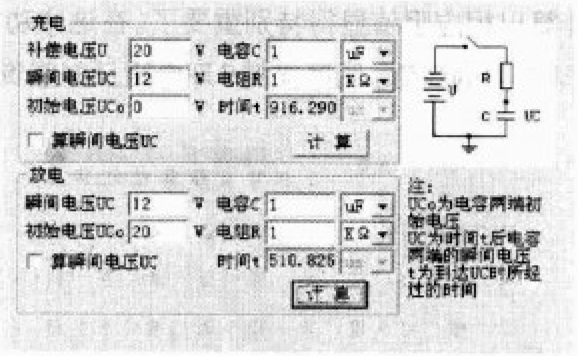


图 2

充电这一栏内，填写补偿电压 *U*（即 RC 两端电压），瞬间电压 u_C(即经过 *t* 时间后，电容两端电压)和R，C值，单击“计算”。在时间 *t* 这个不可输入的框内（灰色为不可输入框，以下类同），即出现了计算结果。相反的，如果需要计算经过 *t* 时间后，电容两端电压，那么需要勾选“算瞬间电压 u_C”选项。这时候，时间 *t* 作为输入参数。比如需要计算经过1ms后，电容两端电源值，那么需要输入时间 *t*=1ms后，单击“计算”即可得到结果。放电过程的计算类似，就不再详述。

3. 电阻串 / 并联

电阻串 / 并联也是电路中基本电路（图3）。

电阻并联电路 $R=(R1 \times R2)/(R1+R2)$。在并联计算里，将R1、R2的数值输入阻值1，阻值2中，单击“计算”，得

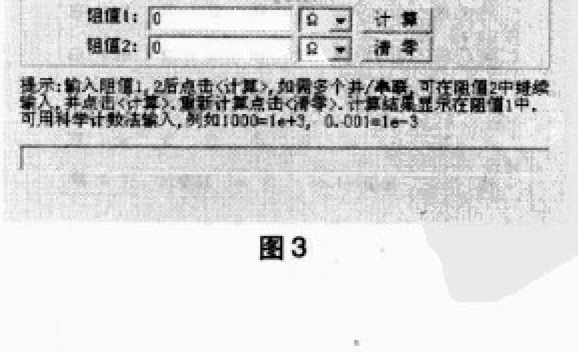


图 3

到结果将显示在阻值1中，此时阻值1变为不可输入。如果需要继续并联R3(10Ω)，那么在阻值2输入框内输入“10”，并选择好电阻单位，再单击“计算”就可以了。如果已知并联结果R（10Ω），和其中一个电阻R1（20Ω），要计算R2（XΩ）。那么勾选“反并联”，在阻值1中输入R（10Ω），阻值2中输入R1（20Ω），单击“计算”，那么阻值1中的阻值就变为我们所要求的R2（20Ω）了。

串联电路 $R=R1+R2$。方法同上，计算结果也是显示在R1中。如果需要继续串联，那么在阻值2中继续输入阻值，并点击“计算”即可。

4. 色环电阻查看器

我们现在使用的电阻多数均为色环电阻。很多情况下，我们在检修电路的时候，对电路板上的色环电阻直接用万用表进行测量是不准确的，因为它是处于一个电路中。所以，根据色环，计算出相应阻值显得特别重要了。在这个功能中，支持4环、5环电阻的查看，同时支持5环电阻反向查询（图4）。

图4

选择相应色环（5环或者4环），并点击各个色环颜色，然后点击“计算”，在阻值框中即可显示相应阻值。如果需要反向查询，那么要勾选“反查”项,这时候阻值框变为可输入状态，输入所要查询的阻值，比如1.65kΩ，单击“计算”，在上面的色环选择中就自动定位到相关颜色，由于一种阻值可能对应不同色环，所以该反查功能仅供参考（图5）。

5. LM317 电路阻值计算

LM317是一款经常使用的三端稳压器件。在使用过程中，为了输出合适电压，需要对参考电阻的阻值进行计算（图6）。

当然，对于固定的R1，很多DIYer喜欢将R2用一个可调电阻代替。不过，在很多场合，我们往往是用固定电阻取代R2，这样可以避免可调电阻的误差带来的输出电压不稳

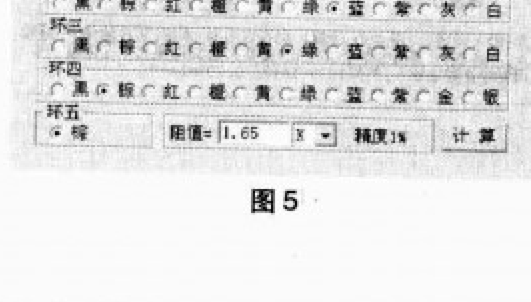


图5

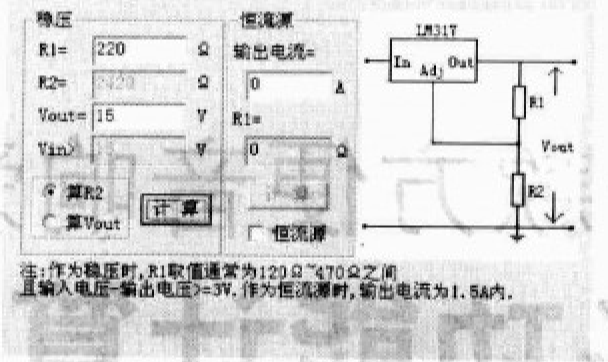


图6

定。当选择“算R2”时，需要填写R1、*Vout*。当已知*Vout*时，要计算R2，则点选“算*Vout*”，然后填写R1和R2即可。市面上和LM317类似计算方法的还有LM337、LM350、LM338等三端可调器件，都可以用此计算功能计算。

对于LM317来讲，还有作为恒流源的功能。此时只要勾选“恒流源”，并填写需要输出的电流，然后点击“计算”即可。LM317的最大输出电流为1.5A，所以，输入数值不要超过1.5A。

6. TL431 电路阻值计算

TL431是一款高精度基准电压器件，它常常用于对电源精度要求高的场合，比如DAC的电源电路（图7）。

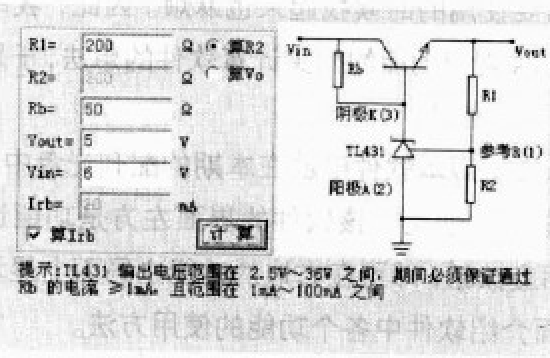


图7

TL431的功能计算有点类似LM317页面，同样可以选择计算R2和*Vout*功能。因为TL431对电流有一定要求，不能大于100mA，所以，计算的时候建议勾选“算Irb”选项，并填写Rb，以及另外的可输入框，然后单击“计算”即可算出所需要的元件值和计算结果。

7. RC 无源滤波电路

RC无源滤波电路的好处是元件少，通常可以在低音炮电路、电子分频电路中见到它的身影。我们以图8进行使用说明。

在RC无源电路中，结构很简单，计算方法也类似，$F=1/2\pi RC$。此功能可以从任意已知的两个电路参数求出另外一个参数。比如需要计算截止频率F，那么先点击“算F”,输入R、C值，点击“计算”即可。这个功能因为固定了元件值的单位，如果需要输入的数值很大，那么可以用科学计数法输入，比如1000000=1e+6，0.000001=1e-6。本软件其他输入框同样适合这种输入方法。

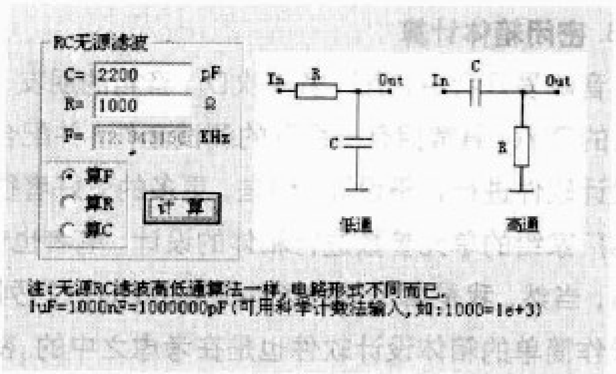


图 8

8. 有源二阶滤波电路

有源二阶滤波器有3种：巴特沃斯、贝塞尔和切比雪夫。其中巴特沃斯滤波器的优点是带内平坦，我们经常用的也是巴特沃斯电路。有源滤波电路相对无源电路可以得到更平坦的曲线，但同时也增加了制作成本。在这个功能中，我只制作了巴特沃斯和贝塞尔两种计算方法。此软件可支持高通、低通电路的计算；支持从R、C求F，也支持从F、R（或者C）求C（或者R）。在电路计算中，为了取值方便，对低通电路我们通常取R1=R2，对高通电路通常取C1=C2（图9）。

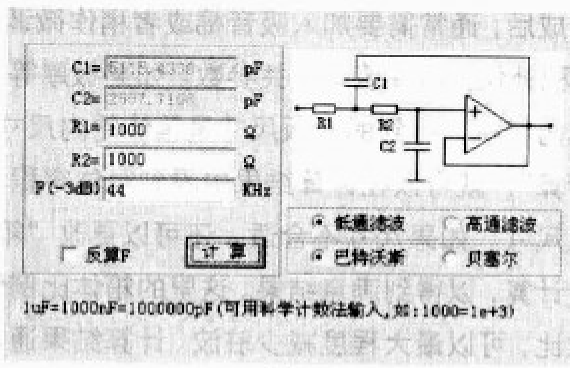


图 9

这个软件的界面比较直观，只需要点选相应的功能，并填写可输入框内的参数，单击“计算”即可。对于反算截止频率F，暂时只支持反算巴特沃斯。因为反算F一般是根据手头电路的器件值进行推算的。所以，这里对R、C的取值不作限制，只需要输入大于零的数即可。计算结果会得到电路的Q值，通常Q值为0.707为宜。

9. 差分低通滤波

差分低通滤波在解码器中经常见到，这些解码芯片通常是差分输出的。因为这个电路比较特殊，应用于解码器电路中，对低通滤波电路要求较高，所以单独作为一个计算功能来设计。

图10和图9不仅界面类似，功能也类似。相比之下，多了个增益输入框，这里增益至少为“1”，其他使用类似于前面的第8项。

10. 多层空芯电感计算

多层空芯电感是音箱爱好者们经常要用到的一个器件。如果要精确测量电感值，则需要电桥或者高精度电感表，而普通的爱好者手中，通常只有一个万用表。当然，制作方法

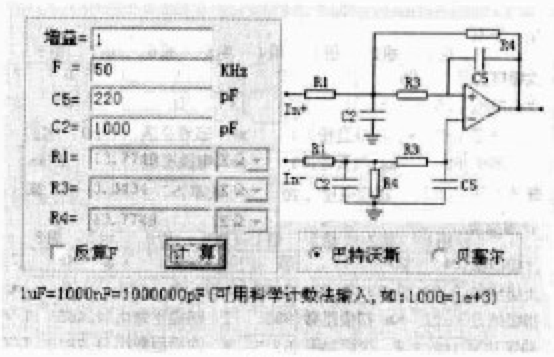


图 10

也可以从一些资料上提供的已知漆包线径以及电感量和骨架尺寸上得到参考，但那样有局限性，毕竟爱好者手头不可能恰好有那样的漆包线和骨架，况且资料又不可能提供所有电感的详尽资料，所以估算电感绕制参数就显得尤其重要。即使在有电感表的情况下，也可以根据计算结果进行粗绕，然后再根据表测出的量进行修改，那样就方便快捷多了。

在图11所示的界面中，我们只需要输入电感量，以及电感直流电阻（对1mH内的电感来讲通常是零点几欧姆或者更少），点击“计算”，可以在骨架示意图中看到计算的骨架参数，在计算结果中得到估算的结果。这里需要注意的是，计算结果线径是不包括漆包线漆皮的，并且计算结果请以线长为准。根据计算结果，选择最接近的漆包线规格绕制即可有电感表的条件下，可以多绕几圈后再进行测量调整圈数。

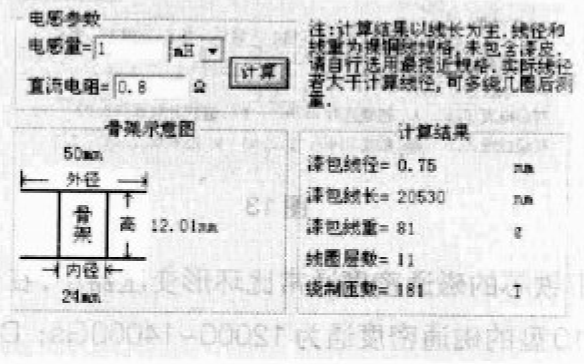


图 11

11. 环形变压器估算

在音响爱好者当中，有相当一部分diyer喜欢自己绕制环形变压，这是因为市售的环形变压器看不到铁芯，往往水分很多，标称200W的可能只有150W，而且铁芯有可能是断点较多的那种劣质铁芯。如果手头有环形铁芯，需要估算功率和绕制匝数比，那么这个软件功能将是很实用的（图12）。

在这里，可以输入8组次级绕组参数。铁芯规格可以选择“A级”或者“B级”，如果未知，则选择“未知”。铁芯的外直径、内直径及高度需要自行测量。磁通密度往往根据铁芯规格填写，通常为14000~16000，A级铁芯比B级高。叠片系数也是衡量铁芯好坏的一个参数，通常A级可以达到0.96，而B级或者有断点接口的为0.9左右。电流密度可以根据工作条件填写，需要连续工作时间长的变压器，通常填

图 12

写“2.5”，否则可以取“3~3.5”。点击“计算”后，即可在界面下方得到计算结果。由于环形变压器的特殊性，计算结果可能不是很准确的，但作为绕制的依据已经可以满足大部分 DIY 爱好者的需求。

12. EI 形变压器估算

EI 形变压器（小于 1000W）的绕制参数可以使用此软件进行计算。这个页面类似环形变压器的页面，但参数有所不同（图 13）。

图 13

EI形铁芯的磁通密度通常比环形变压器小，在一般情况下，D310 型的磁通密度通为 12000~14000Gs；D41、D42 型的磁通密度通为 10000~12000Gs；D43 型的磁通密度通为 11000~12000Gs；D21、D22 型的磁通密度通为 5000~7000Gs。计算时根据实际的 EI 形铁芯资料填写，因为变压器在工作过程中有温升损耗、铁损等，所以对计算的功率需要留有一定余量，其中初级补偿系数和次级补偿系数就是为此而设计的，其取值通常在“1~1.3”之间,取值越大,变压器余量越大，当然制作成本也相应地升高了些。额定功率P的修正系数通常根据硅钢片的质量和变压器瓦数来设定,质量好的或者功率大的可取得小些，如果对此项不是很了解，建议不勾选，可按照默认参数计算。电流密度通常取“2~3.5”之间,连续工作时间越长,取值越小。硅钢片的舌宽可根据所选硅钢片规格来填写,通常取硅钢片叠厚为1.5 X硅钢片的舌宽,尽量使计算结果的硅钢片叠厚接近硅钢片舌宽(改变硅钢片舌宽参数并重新计算即可),这样设计的变压器效果最佳。

13. 密闭箱体计算

在音响爱好者中，有许多喜欢DIY音箱的朋友，其中经验丰富的DIYer通常拥有一系列的测试套件，并配合专业的音箱设计软件进行音箱设计。但是，更多的爱好者往往是只能根据厂家给的单元参数进行箱体的设计。笔者也曾经DIY过音箱，当然，我是属于那种条件简陋的DIYer行列，所以，开发操作简单的箱体设计软件也是在考虑之中的。密闭箱体作为业余条件下的制作，成功率比较高，虽然它没有倒相箱体的低频下潜深，但结构简单、低频失真小、阻尼大等优点还是值得制作的。

在图 14 中，我们可以根据需要，选择“高效率”或者“高声顺”选项来进行箱体设计。一般来讲，高顺性扬声器的效率相对较低，其振动系统的等效质量 Mo 较大，而谐振频率 f_0 相对偏低，箱体可设计得较小一些；高效率扬声器振动系统的等效质量 Mo 则偏小，谐振频率偏高，需要较大容积的箱体才能产生好的低音效果。在软件界面上的可输入框内填入厂家提供参数，以及制作箱体的密度板板厚（由于箱体设计完成后，通常需要加入吸音棉或者稍作微调，这时可勾选“容积补偿”项并填写相关参数。如果板厚等于零，则计算箱体内容积，得到的面板尺寸是箱体的内尺寸），然后点击“计算”，就可以在计算结果中看到箱体容积和示例箱体的各板尺寸。如果尺寸不合适，还可以更改“箱体比例”选项重新计算，以得到满意结果。这里的箱体比例使用了非简单整数比，可以最大程度减少驻波。计算结果通常使得箱体 Q 值为 0.7 或者稍大为宜。

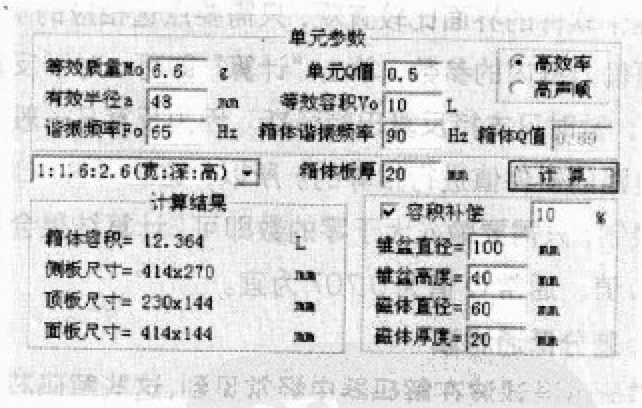


图 14

通常我们从扬声器的Q值和 f_0 可以求出X值($X=f_0 / Q$)。X为 40~80 时，适合做密闭音箱；X为 80~120 时，适合做倒相音箱，也可根据Q值来选定箱体类型。Q值在0.4以下，适合做倒相箱；Q值在 0.6 以上，较适合做密闭音箱；Q值在0.4~0.6之间，则两种均可。这些计算都在软件计算中加入了，如果不合适，会有提示信息的。

14. 倒相音箱箱体计算

倒相音箱相对密闭音箱而言，可以获得更高效率以及更好的低频响应，但是，其设计和调整往往比密闭箱体麻烦很

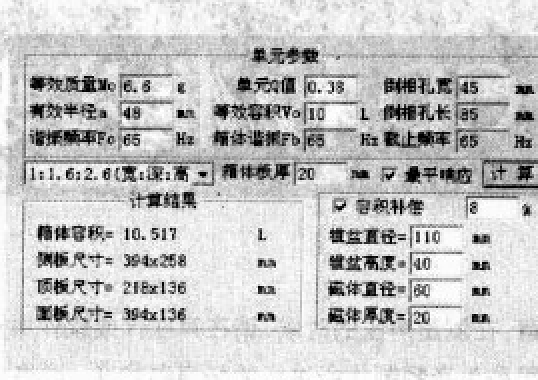


图15

多。

倒相箱体计算界面类似密闭箱体，但需要多输入倒相孔直径一栏。倒相孔的面积一般不应小于扬声器单元的有效震动面积的10%。如果勾选“最平响应”，则按照最平响应的计算方法进行箱体计算。计算结果同样给出了箱体内容积和示例箱体尺寸（图15）。

15. 音箱分频器二分频网络计算

计算好箱体，就要进行分频网络的设计了。二分频计算功能支持-6dB、-12dB、-18dB及-24dB的计算（图16）。

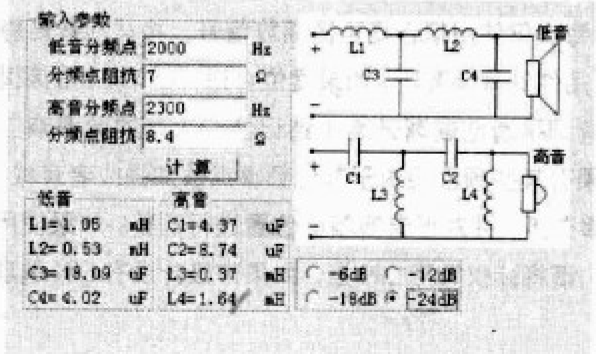


图16

这里分频点阻抗需要填写正确的阻值，而不是扬声器单元的额定阻抗（要求较高时，往往在分频器添加补偿网络，由于补偿网络的加入会使综合特性参数发生改变，故此请先行设计好补偿网络，再进行分频网络设计，即输入的分频点阻抗是加有补偿网络后实测分频点处的阻抗），可以从扬声器单元的厂家提供的阻抗曲线得到该数据。软件的示意图是使用了-24dB的电路图，所以选择-24dB以外的功能时，计算结果不是每个L、C都有值的。比如选择-12dB时，计算结果L2、C4和L4、C2的值都为零，那么只需要根据示意图，不输入值为“0”的元件即可（三分频功能类似）。

16. 音箱分频器三分频网络计算

在音箱制作中，三分频比二分频更加难以制作和调试。此功能类似二分频计算功能。三分频多了一个中音单元，所以需要更多的L、C元件，也需要输入更多参数。

由于资料有限，三分频网络暂时只支持-6dB和-12dB的计算。输入参数后，点击“计算”即可得到结果。如果需要查看示意图（图17），点击“显示图”按钮即可。

图17

17. 分频网络阻抗补偿和音量衰减功能

阻抗补偿功能主要针对阻抗曲线上高频段的阻抗补偿。因为扬声器音圈的电感随频率上升而增加，所以高频段阻抗随频率升高而增大。因此，可以在扬声器单元两端并联一个由电容C和电阻R组成的串联谐振回路对这个区域的阻抗进行补偿修正。该计算功能需要用到扬声器单元的阻抗曲线图。填写好额定阻抗后，会提示输入额定阻抗1.4倍处的频率（图18），输入额定阻抗8Ω后，会提示输入8×1.4=11.2Ω阻抗处的频率。根据阻抗曲线图查找到该处频率为700Hz，填写完毕后，点击“计算”，得到R、C。通常R等于额定阻抗，而C则根据参数计算得到结果。

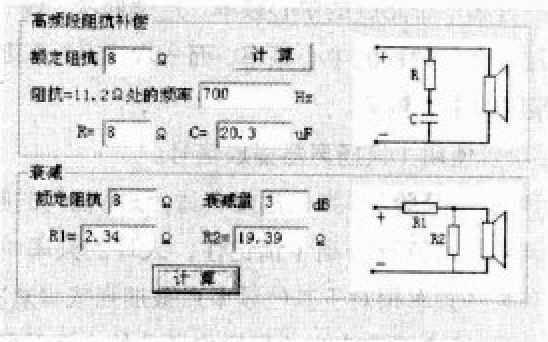


图18

衰减网络则通常用于高音单元，因为高音单元灵敏度往往比低音高，所以往往需要进行一定量的衰减，以获得高低音的平衡。衰减量栏中，常取高音单元灵敏度－低音单元灵敏度，比如2分频音箱中，高音灵敏度为91dB，而低音为88dB，那么衰减量为3dB。填写好参数后，点击“计算”即可得到R1、R2。计算结果根据实际听感需要做进一步的微调。

最后，为了大家计算方便，可以在软件为当前窗口的时候，按下“F12”按键，即可调用Windows自带的计算器软件。

至此，eTools 2.0版本的功能已经介绍完毕。由于时间和精力所限，软件中难免存缺陷，或者计算不精确的地方。如果读者们有更好的计算方法或者建议，麻烦各位点击软件上的“意见反馈”按钮，给我发个E-mail。

此软件在开发过程中，曾得到了不少网友的建议和支持，也参考了许多网络资源和书籍，在此向他们表示感谢！

立体声重放系统测试CD校准步骤

○ 文／吴潇思

1.主音箱的相位校准

① 播放测试CD上的第45~49轨，它们是左右声道的粉红噪声信号，先是同相播放5s，而后是反相播放5s，最后再同相播放5s。

② 使用你的耳朵进行相位的判断。首先需要保证你坐在听音点上，如果信号同相，你会听到更多的低频信号，而声音也是来源于扬声器间的一个固定点。如果信号反相，声像将失去低频，声像变散，指向性的信息变得模糊起来。

也可以使用RTA软件进行相位的测定。

2.检查音箱的摆放位置

① 音箱在房间中的摆放位置，对音箱的低频通常有影响。所以，在检查音箱的摆位时，要特别注意音箱的低频。

② 我们使用测试CD中的第31~39轨的低频扫频信号，进行音箱摆位的检查。

③ 在扫频的过程中，你会听到“滴”的声音，这是在告诉你信号正在经过某一个ISO的中心频率。连续两次“滴”声，表示信号正在经过一个倍频程的中心频率，而一次“滴”声则表示正在经过1/3倍频程的中心频率。

④ 每次仅使用1只扬声器播放信号。

⑤ 用你的耳朵聆听，如果摆位合适，没有任何的频率染色，你将听到音调平滑地逐渐升高（请记住，人耳的频率响应不是平直的）。如果有某些频率相对于其他频率点被加强或者衰减，请记下大致的频率范围。这个频率点应恰好在你所选的主音箱和低频音箱的分频点之上。

⑥ 如果实在找不到合适的放置位置，你可以考虑对房间的声学条件进行改善。如果有前级处理设备，也可以考虑通过均衡来获得一个更加平滑的频率响应。但是记住：均衡永远不可能弥补不佳的声学条件。

⑦ 如果你进行了均衡调整，请在15min以后，重新回来，聆听你熟悉的音乐。这时，从音箱里获得的第一印象非常重要，因为长时间的聆听会让感受到的音色发生变化。确保第一印象是你所需要的声音。

3.校准主音箱

① 校准音箱是为了保证在输入相同信号的条件下，每只音箱在听音点都以相同的声压级回放。一旦校准完成，请在前级处锁定输入信号电平。

② 把总音量旋钮置于通常设定的位置上。

③ 播放第12或23轨，这是500Hz~2kHz的带通粉红噪声。每次只测量一只音箱。使用声级计在听音点，分别测量两只音箱播放的声音在该处的声压级，调整每只音箱的增益，使两只音箱的声压级相同。

④ 注意，在测量声压的时候，请在声压计或软件中选择C计权。

⑤ 如果是为音频制作所进行的扬声器校准，请将-20dBFS的粉红噪声输入，校准至以下声压级：电影83dB(C)，电视78dB(C)，音乐78~93dB(C)。

如果有低音音箱（Subwoofer），请继续进行以下步骤。

4.检查低音音箱的摆位

① 我们使用测试CD中的第31~39轨的低频扫频信号，进行音箱摆位的检查。

② 在扫频的过程中，你会听到“滴”的声音，这是在告诉你信号正在经过某一个ISO的中心频率。连续两次“滴”声，表示信号正在经过一个倍频程的中心频率，而一次“滴”声则表示正在经过1/3倍频程的中心频率。

③ 每次仅使用低音扬声器播放信号，将其他音箱静音。

④ 用你的耳朵聆听，如果摆位合适，没有任何的频率染色，你将听到音调平滑地逐渐升高（请记住，人耳的频率响应不是平直的）。如果有某些频率相对于其他频率点被加强或者衰减，请记下大致的频率范围，并对低音音箱的位置进行调整。如果使用声级计进行测定，请将计权拨至LIN挡，如果声级计没有LIN选项，则选择C计权。

5.检查分频点以及低音音箱的增益

① 打开所有的音箱以及功放的低频管理功能。但每次只测试一个声道。从左声道开始。

② 播放CD中的低频扫频信号（31~42轨），聆听频率响应，或是使用声级计/RTA软件进行测量。如果使用RTA软件，可以播放全频段的粉红噪声，并使用频谱分析仪进行观察，调整低音音箱的增益，使分频点两边的响应一致。

③ 如果分频点不合适，请到功放中改选合适的分频点。

④ 检查完一个声道，再检查下一个声道。最后两个声道同时校准。

6.相位检查

① 本项检查是要保证低音音箱的相位与主音箱一致。

② 打开所有的音箱及低频管理。播放CD中第46轨。该测试信号为20~200Hz带通粉红噪声，以同相、反相、同相的顺序播放。

③ 如果反相，你会感觉到低频缺失，响度变弱。如果同相，则声音饱满。请注意粉红噪声的次序。

以上是立体声回放系统的一个基本校准步骤。各位读者可以根据自己的实际情况进行校准。

适合功放的 半桥式300W开关电源

○ 文／马云天

发烧友在评价一台功放的水平时，往往先看看此功放的"水塘"（滤波电容）是否够大、"环牛"（电源变压器）是否够重等指标来判断。有电路基础知识的人都知道，LC整流滤波电路在负载较轻时，输出电压可以达到变压器输出电压的1.4倍。但随着负载电流的加大，输出电压将跌落，达到满负荷时，输出电压可以跌落到变压器输出电压的0.9，其原因是50Hz的工频电源来不及给滤波电容充足电压，负载就将滤波电容上的电荷泄放掉了。为了减小输出电压的波动，只好加大滤波电容和电源变压器的容量。一般的功放每声道输出也就是几十瓦，电源变压器却要选用300~500W，滤波电容少则几千微法，多则上万微法，只有这样才算勉强够用。

现在广泛应用于计算机和其他电子设备上的开关电源以其小型、高效、高性能等诸多优点在很多领域逐渐取代了传统的工频电源。在音响扩声器材领域，即使是顶级功放，也有采用开关电源供电的。现在的开关电源的振荡频率一般在20~500kHz，因其远高于音频，所以其充放电的速度是完全不用担心的。频率越高，变压器和滤波电容可以选用得越小，但对器件和工艺的要求也越高。开关电源的电压调整率、电压稳定性、内阻等指标都不是工频电源所能望其项背的。音响界一些人对开关电源所持的"硬、冷、没有音乐味"等偏见在逐步改变。

电路原理

笔者从事仪器仪表工作多年，又是个音响发烧友。最近抽空设计制作了一款供功放用的半桥式300W开关电源，其电路如图1所示，电路板如图2、图3所示。半桥式开关电源电路一般适用于200～800W功率范围的电源。主要由2只MOSFET功率开关管IRFP450LC、高频变压器（EC-49磁芯）、脉冲调宽控制芯片（PWM）TL494及驱动电路、辅助电源（由TNY268组成的10W、20V反激式开关电源）等组成。

由于在半桥式开关电源电路中加在开关管VT1、VT2的源、漏极间的电压只有电源电压的1/2，所以降低了对开关管的耐压要求（但电流大了一倍）。由于电容C8的隔直作用，所以在工作中即使有参数不对称，也不会使变压器T2的磁芯偏离工作曲线。鉴于以上特点，所以半桥式开关电源电路在中功率电源中得到广泛的应用。

制作要点

制作开关电源，关键在几只变压器的绕制工艺。其中T3是驱动变压器，笔者用EI 22磁芯。先绕次级的第一个绕组（1、2脚），用ϕ0.33mm漆包线绕22圈，再绕次级（5、4脚），用ϕ0.33mm漆包线绕22圈（注意是5、4脚，即5是头，4是尾）。外面再绕初级线圈，用ϕ0.33mm漆包线双线并绕28圈，然后头尾相接焊在骨架的6、8、10脚上。每两个绕组之间要用高压绝缘胶带缠3层，尤其是第一个次级绕组更要注意绝缘。

T2是主功率变压器。笔者选用EC-49磁芯。中心柱D=17mm，面积A_e=2.27cm^2，中心柱是圆柱形，所以线圈骨架也是圆柱形，绕起线圈来比四棱柱好绕。初级L1用ϕ0.41mm漆包线6根并绕25圈，分两段绕制每段绕12.5圈。由于在业余条件下绕好的变压器没有条件浸漆，变压器的散热条件不好，所以要用6根漆包线要一字排开，不能有交叉。绕好的一层是一个平整的面，这样两层之间空隙小，有利于散热，也有利于减小漏感。

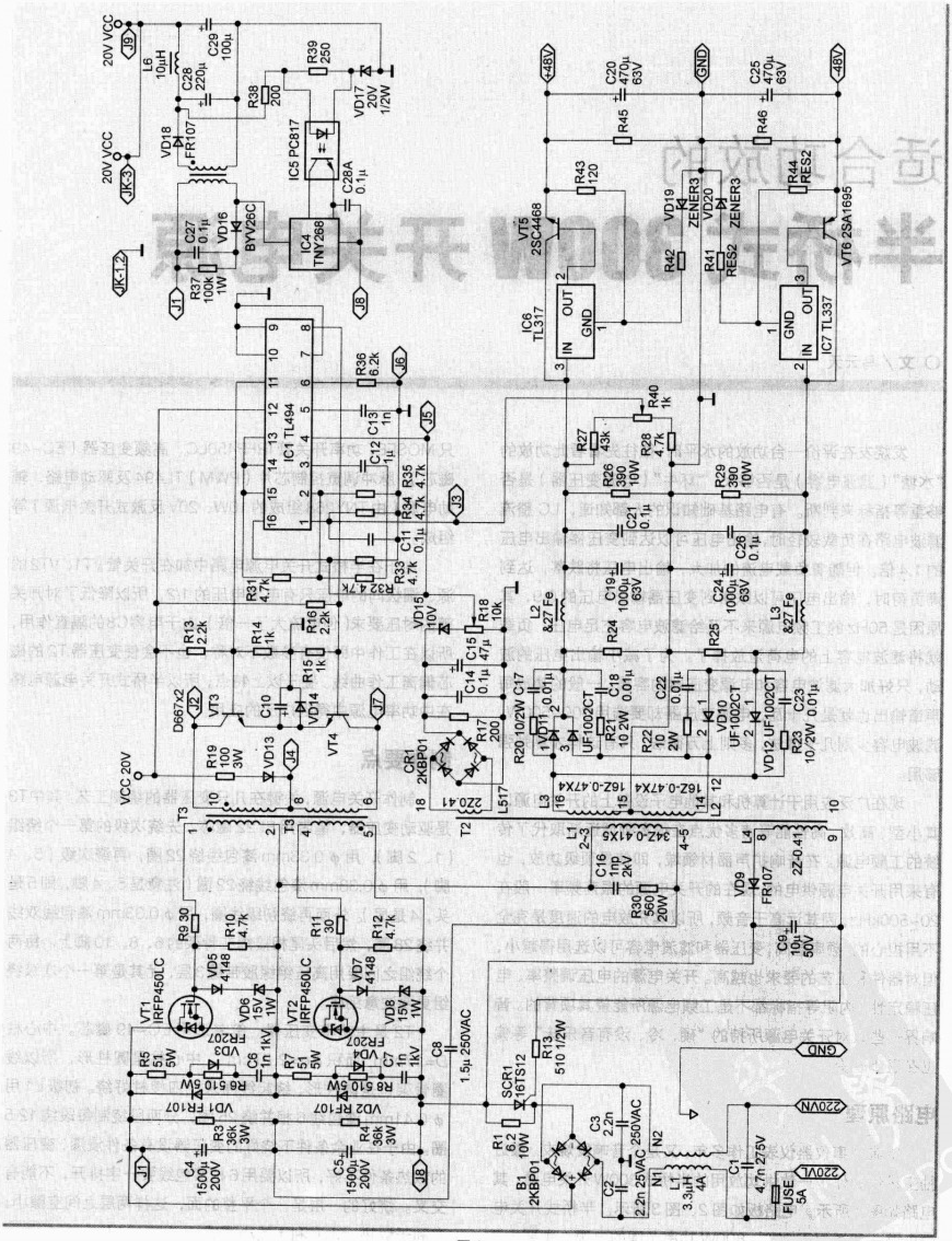

20V VCC
J9
L6 10μH
C28 220μ
C29 100μ
R38 200
R39 250
VD17 20V 1/2W
VD18 FR107
IC5 PC817
C28A 0.1μ
JK-3
C27 0.1μ
VD16 BYV26C
IC4 TNY268
JK-1,2
R37 100k 1W
J1
J8
IC1 TL494
R36 6.2k
J6
C13 1n
J5
C12 1μ
R35 4.7k
R34 4.7k
J3
C11 0.1μ
R33 4.7k
R32 4.7k
R31 4.7k
R13 2.2k
R14 1k
R16 2.2k
R15 1k
VD15 10V
R18 10k
C15 47μ
C14 0.1μ
R17 200
CR1 2KBP01
D667x2
J2
VT3
C10
VD14
VT4
J7
VCC 20V
R19 100 3W
VD13
J4
T3
T2
L517
2Z0.41
R9 30
R10 4.7k
R11 30
R12 4.7k
VT1 IRFP450LC
VD5 4148
VD6 15V 1W
VT2 IRFP450LC
VD7 4148
VD8 15V 1W
VD3 FR207
VD4 FR207
R5 51 5W
R6 510 5W
C6 1n 1kV
R7 51 5W
R8 510 5W
C7 1n 1kV
C8 1.5μ 250VAC
VD1 FR107
VD2 RF107
R3 36k 3W
R4 36k 3W
C4 1500μ 200V
C5 1500μ 200V
+48V
GND
-48V
C20 470μ 63V
C25 470μ 63V
R45
R46
R43 120
R44 RES2
VT5 2SC4468
VD19 ZENER3
VD20 ZENER3
VT6 2SA1695
R42
R41 RES2
IC6 TL317
IC7 TL337
IN
OUT
GND
R40 1k
R27 43k
R28 4.7k
R26 390 10W
R29 390 10W
C21 0.1μ
C26 0.1μ
C19 1000μ 63V
C24 1000μ 63V
L2 &27 Fe
L3 &27 Fe
R24
R25
R20 10/2W
C17 0.01μ
C18 0.01μ
VD11 UF1002CT
R21 10 2W
R22 10 2W
C22 0.01μ
VD10 UF1002CT
VD12 UF1002CT
C23 0.01μ
R23 10/2W
16Z-0.47X4
L1
34Z-0.41X5
L4
2Z-0.41
C16 1np 2kV
R30 560 20W
VD9 FR107
C9 10μ 50V
R13 510 1/2W
SCR1 16TS12
R1 6.2 10W
B1 2KBP01
C3 2.2n 250VAC
C2 2.2n 25VAC
N1
N2
L1 3.3μH 4A
C1 4.7n 275V
FUSE 5A
220VN
220VL

图1

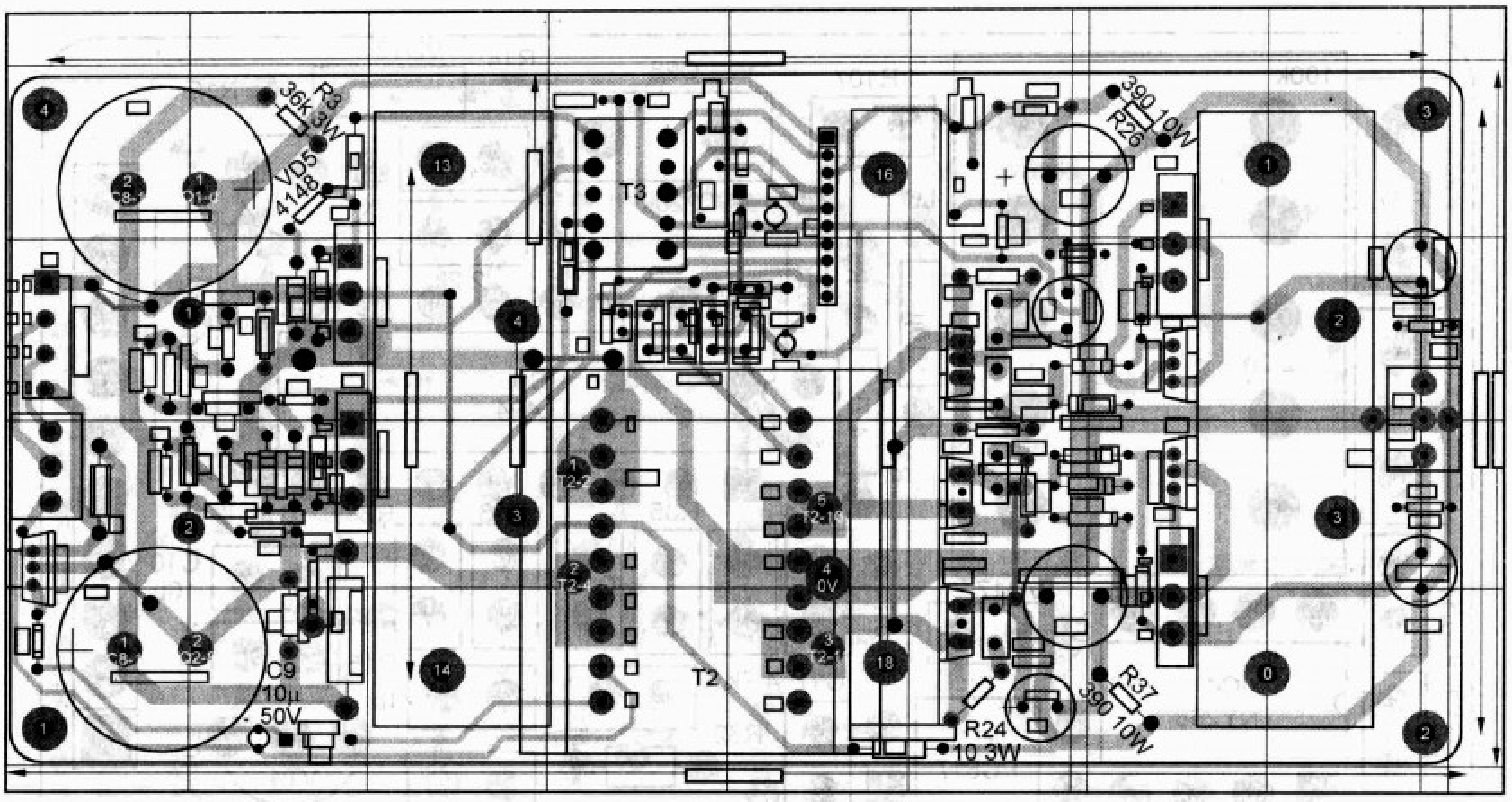


图2

最内层（L1）先绕13圈(用 ϕ 0.41mm漆包线6根并绕)；第二层（L2）绕11圈（用 ϕ 0.47mm的漆包线6根并绕）；第三层（L3）绕11圈（用 ϕ 0.47mm的漆包线6根并绕）；第四层（L1）绕12圈(用 ϕ 0.41mm漆包线6根并绕)；第五层（L4和L5）绕2圈（L4和L5都用 ϕ 0.41mm的漆包线绕）。

每两层之间都要用高压绝缘胶带3层绝缘。缠好后的变压器L1的电感量为2.4mH左右。绕好后的变压器用宽3cm的铜带包于磁芯和线圈外，接头用焊锡焊牢，用软线接地。这是为了减小变压器对外的辐射。

T4是20V辅助电源的变压器，也用EI 22磁芯绕制。初级用 ϕ 0.31mm的漆包线绕90圈（注意要反绕，即2是头，1是尾）。

次级用 ϕ 0.47mm漆包线绕16圈。安装磁芯时要注意：由于辅助电源是反激变换开关电源，磁芯既是变压器又是储能电感，所以要留有气隙，笔者是在磁芯接触面上贴两层绝缘胶带。组装好变压器后，T4的初级电感应在1.4mH左右。若没达到此值，则调整气隙大小，使电感量达到此值。计算出的气隙为0.41mm。

主变压器后面的次级输出电感L2和L3用 ϕ 0.83mm的漆包线在直径27mm的铝硅铁磁环上绕30圈。电感量约为60μH。电感量不要再大，由于反馈电压的取样点是在电感之后，此电感太大会使得充放电常数太大，在重负载时反而出现纹波。两只磁环的电感量应该是一致的，不然正负电压不对称。笔者在实验中发现，当负载电流＝2A时，磁环的温度能到40℃。但是，若换用更便宜的铁粉芯磁环，则很快就热得冒烟了。铁粉芯磁环不能用于储能电感，但铁粉芯磁环可以用于滤波。

本开关电源的振荡频率为82kHz左右。主要的发热元件是VT1、VT2、VD10、VD11、VD12、R30、VT5、VT6，这几个元器件是要加散热器的。

电路中R1和晶闸管SCR1是起开机限流作用的。当刚刚接通电源时，晶闸管并没导通，电流经过电阻R1后，电路工作，晶闸管导通，电阻R1被晶闸管短路，但并不发热。对控制芯片TL494的工作原理有颇多著述，笔者在这里就不多赘述了。

电源输入端的共模抑制电感L1是用 ϕ 0.83mm的漆包线在直径22mm、厚13mm的磁环上各绕10圈。电感量为3.3μH。请注意：在安装时，接线方向是使磁力线方向相反，互相抵消。抗干扰电容C1、C2、C3要用安规电容。

调试步骤

1.先将小线路板（图3）的20V辅助电源的所有元器件焊到板上（小线路板上有7条跳线），检查无误后，在板的接口J1与J8之间加320V直流电压，在接口J6和J9两端应有20V电压输出。若情况不符，请调整电阻R43，若差得太多，请换20V稳压管再试。输出电压调好后，将小板上的其他元器件都焊到板上（TL494及其周边的阻容元件），加电，在TL494的8脚和11脚用示波器应能看到幅值为1V左右的方波输出。在J3与J6之间加2.4~2.5V的直流电压，随着电压的升高，在TL494的8脚和11脚上，用示波器可以

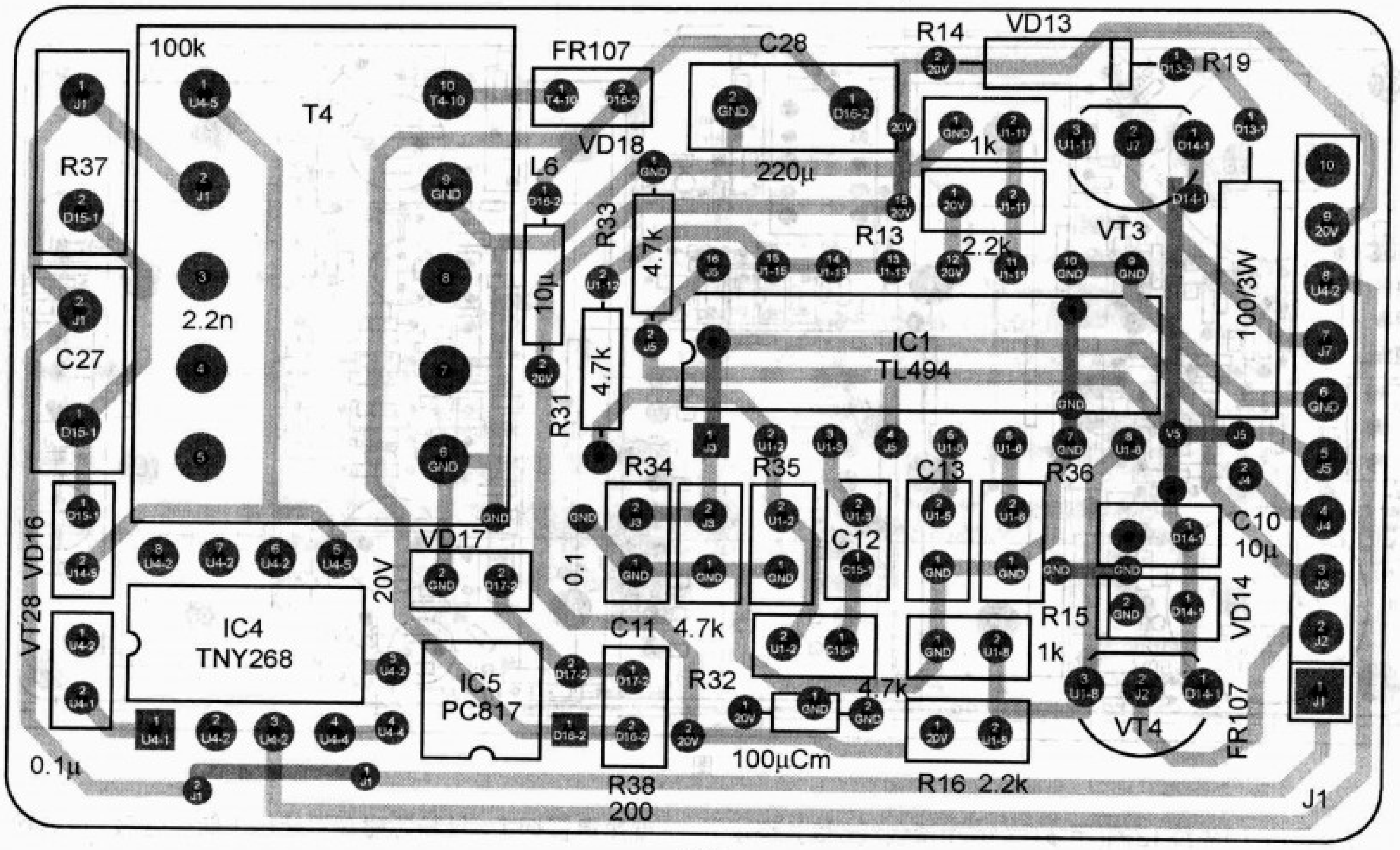


图3

看到输出的方波应逐渐变窄，这说明TL494工作正常。

2.由于主线路板是单面板，所以有几条短路跳线。将主线路板上的短路跳线焊接上，短路线共有9条，其中有3条跳线由于元件面有元件，所以只能在焊接面跳接。有3条跳线电流较大，要用粗一些的铜线。

3.因为是供给功放用的电源，所以不能加散热风扇（风扇有噪声），只能利用自然对流来散热。为了取得良好的散热效果，笔者将主线路板垂直放置，散热器的散热鳍片也是与线路板平行，这样稳压电源在工作时，下方的冷空气可以顺畅地掠过散热鳍片带走热量（烟筒效应），其条件是下面要有大量散热孔。

4.主要的发热元件是开关管VT1、VT2和电阻R30及负载电阻R26、R29、电压调整管VT5、VT6。当VT1、VT2的散热器的面积为400cm²左右、负载电流为2A时（200W输出），散热器温升为30℃左右（环境温度为20℃，散热器温度为50℃左右），此时电阻R30的温度为50℃左右（笔者用的是25W铝壳电阻），负载电阻R26、R29的表面温度为60℃左右。整个开关电源的尺寸为：206mm × 100mm × 65mm（长×高×宽）。当负载电流为3A时（300W输出），要维持以上温度，则VT1、VT2的散热器的面积要加大到570cm²。此时整个开关电源的尺寸为：206mm × 100mm × 90mm（长×高×宽）。

5.笔者选用MOSFET管作开关管，采用SG3525A控制器正好配套。笔者在实验的过程中，发现此IC的取样电压范围很小，稍微超出就不振荡，不是很好控制。笔者选用TL494，其主要原因是大家对此器件都很熟悉，市场上很好找，价钱便宜。再有一个原因就是此器件很好使用，各种功能设计得很完备。推MOSFET管应选用腾图柱输出，不然过渡时间长了MOSFET管要发热。笔者仔细观察驱动信号的波形，信号的前后沿都很陡峭，试着将TL494的输出经一个三极管后直接驱动MOSFET，经试验，不用腾图柱输出也能很好地工作。笔者曾用电压基准TL431和光耦4N35来放大输出电压的反馈信号，以提高输出电压的精度。但输出电压一旦要改动一点，所配套的电阻值就要重新计算一遍，比较麻烦，所以将分压后反馈信号直接输入到TL494的第1脚，这样就可以避免复杂的计算，只要元器件的误差不是太大，经过简单地调试，电源即可正常工作，制作的成功率较高。

6.用示波器观察，在±48V输出电压中，有1V左右的高频尖脉冲，要另加滤波电路，经滤波后才能供给功放。因电源的内阻极小，用一般的无源LC滤波电路是滤不掉这些毛刺的。笔者用了一套稳压电路才将这些毛刺清除。稳压电路并不复杂，只是调整管要选电流余量大的管子，如三肯管（2SC4468，2SA1695）。输出端所加的电解电容容量不能太大，否则一上电就会烧调整管。调整电阻R41和R42可以调整输出端的正、负电压，使之对称。Ⓦ

古董直热管 301A前级的制作

○ 文/边锋

去年购进一套ALTEC 605A同轴号角15英寸扬声器，使用300B推动，虽然声音宽松、自然，但是总感觉推力不足，声音细节不够丰满，于是产生制作一台可以充分发挥扬声器特性的前级的想法。看了好多朋友对古董直热管前级声音的评价，再加上正好自己手里收藏有一些茄子形26和301直热古董管，于是决定制作一台变压器输入/变压器输出的UX-301A前级。经过一段时间备料、苦心制作和精细调试，此前级做好了，它的声音非常迷人，现将自己的制作过程和心得写出来，供参考。

1.电路形式：放大电路如图1所示，301A管屏极电压为120V，栅极负压为9V，电流为5mA。高灵敏度的扬声器配直热管前级制作难点就是噪声的处理，所以对电源部分要求较高，电源电路如图2所示。高压电源部分采用直热整流管UX-281半波整流，两级电容、电感

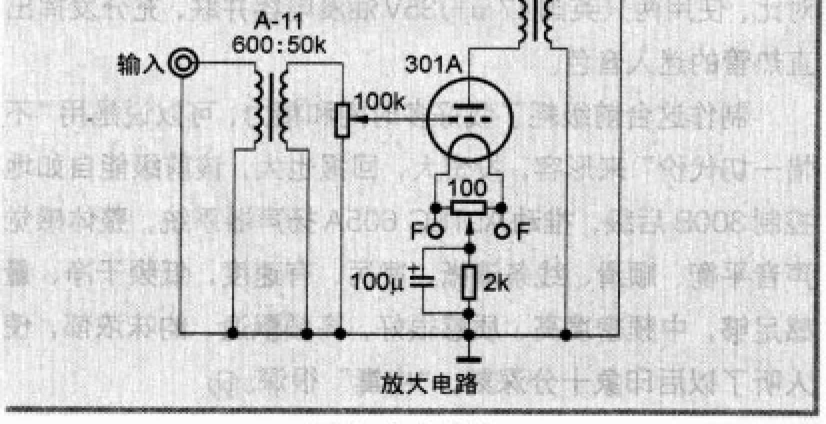


图1 放大电路

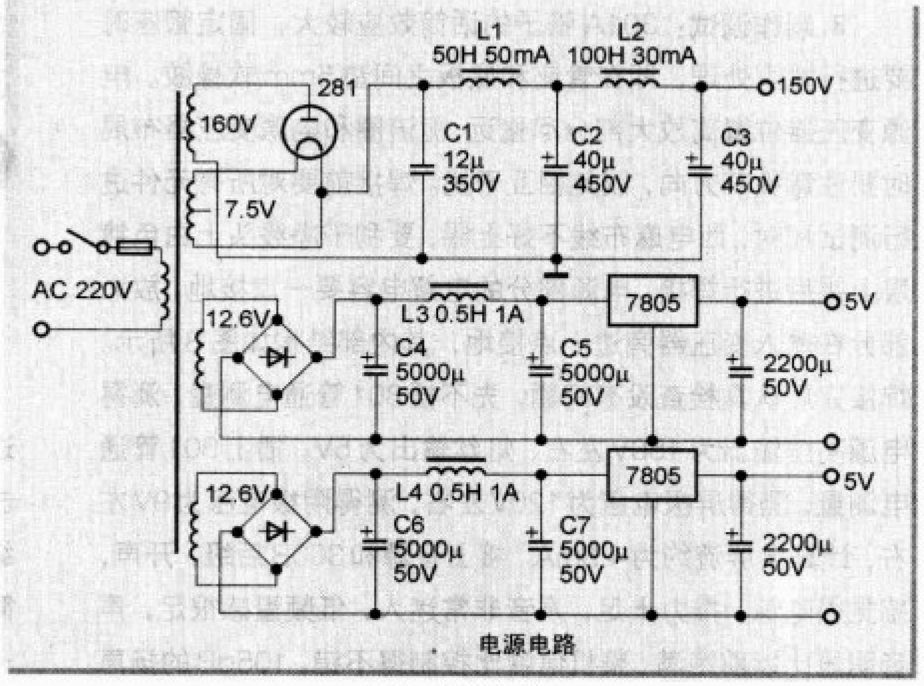


图2 电源电路

CLCLC滤波。如果滤波电容容量选择太小，则交流声大；如果电容容量选择太大，则声音缺乏活力。经试验高压滤波电路C1选用12μF油浸电容，L1选用50H扼流圈，C2选用40μF电解电容，L2选用100H扼流圈，C3选用40μF电解电容。为了提高信噪比，灯丝电源采用直流电容、电感CLC滤波后加稳压电路供5V灯丝。

2.元件选择：使用不同品牌的原件对声音影响很大，该机所有元件都选用高品质古董发烧元件，每个元件都进行认真测试筛选。电压放大管选用全新RCA音乐符号茄子形直热管UX-301A；整流管选用RCA茄子形UX-281直热半波整流管，灯丝电压为7.25V。输入变压器选用美国UTC A-11型的输入变压器，阻抗为600:50k，频响为20Hz~20kHz。输出变压器选用美国UTC A-25输出变压器，阻抗为15k:

600，频响为 40Hz~20kHz，次级侧可通过 8mA 直流电流。电源变压器使用英国 PARMEKO 油浸电源变压器，输出双 160V/80mA，两组 12.6V/ 2A，一组 5V，一组 2.5V 串联正好给 281 整流管供电。L1 使用油浸 50H/50mA 扼流圈；L2 使用油浸 100H/30mA 扼流圈；L3、L4 选用油浸 0.5H/1A 扼流圈。C1 选用英国油浸电容 12 μF/350V；C2、C3 选用美国思碧古董纸筒双 40 μF/450V 电解电容；灯丝滤波部分的电容全部选用美国思碧ATOM黄壳电解电容。阴极电阻选用美国AB碳阻；电位器使用德国24挡纯银触点陶瓷电位器架，精选美国DALE电阻焊接制作。所有机内的连线使用美国西电多股麻布线（俗称鸡骨草）。201A、301A系列管子直接互换，但是管脚有长脚和短脚之分，考虑以后换管方便，管座选用美国古董胶木管座，长、短脚通用。为了减小噪声，机壳选用红檀木制作木框，上、下板使用 3mm 厚铝板，开孔后喷砂氧化，在一个木框上分为电源和放大两个独立部分，以减小干扰。

3. 制作调试：301A 管子的话筒效应较大，固定管座时要进行减震处理，即在管座和底板之间垫 5mm 软橡胶。电源变压器位置离放大部分尽量远，扼流圈和电源变压器布局时要注意铁芯方向，以免相互干扰。焊接前要对所有元件进行测试配对，西电麻布线不好上锡，要刮干净线头上白色镀层上锡后进行焊接。电源部分的电解电容要一点接地，放大部分在输入变压器旁边一点接地，其内部结构如图 3 所示。焊接完后认真检查没有问题，先不插 301 管通电测量，测得电源高压输出为 150V 左右、灯丝输出为 5V。插上 301 管通电测量，测得屏极电压为 120V 左右，测得阴极电压为 9V 左右，计算出屏流约为 4.5mA。接上音源和 300B 后级，开声，感觉很吃惊，推力十足，声音非常迷人，低频量感很足，声音明显比以前饱满。整机信噪比控制得不错，105dB 的扬声器距离 1m 处听不到一点噪声。在调节音量时，由于使用步

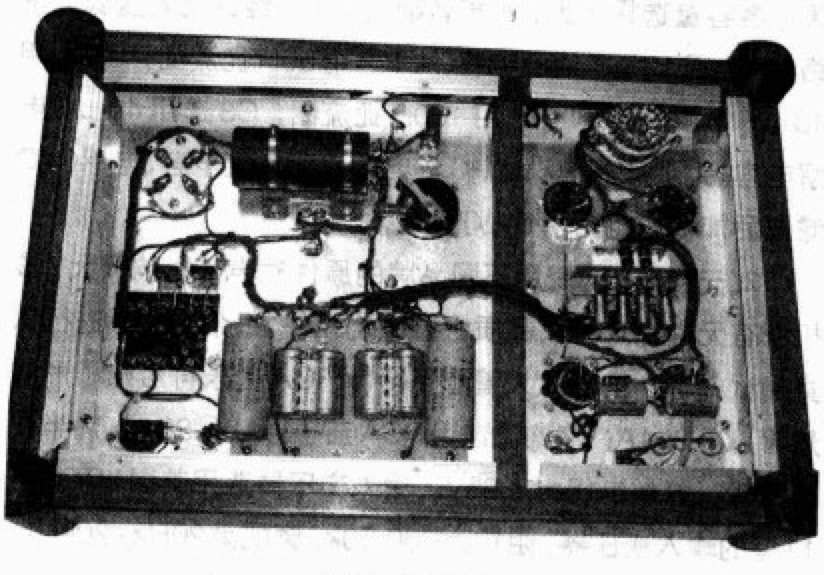


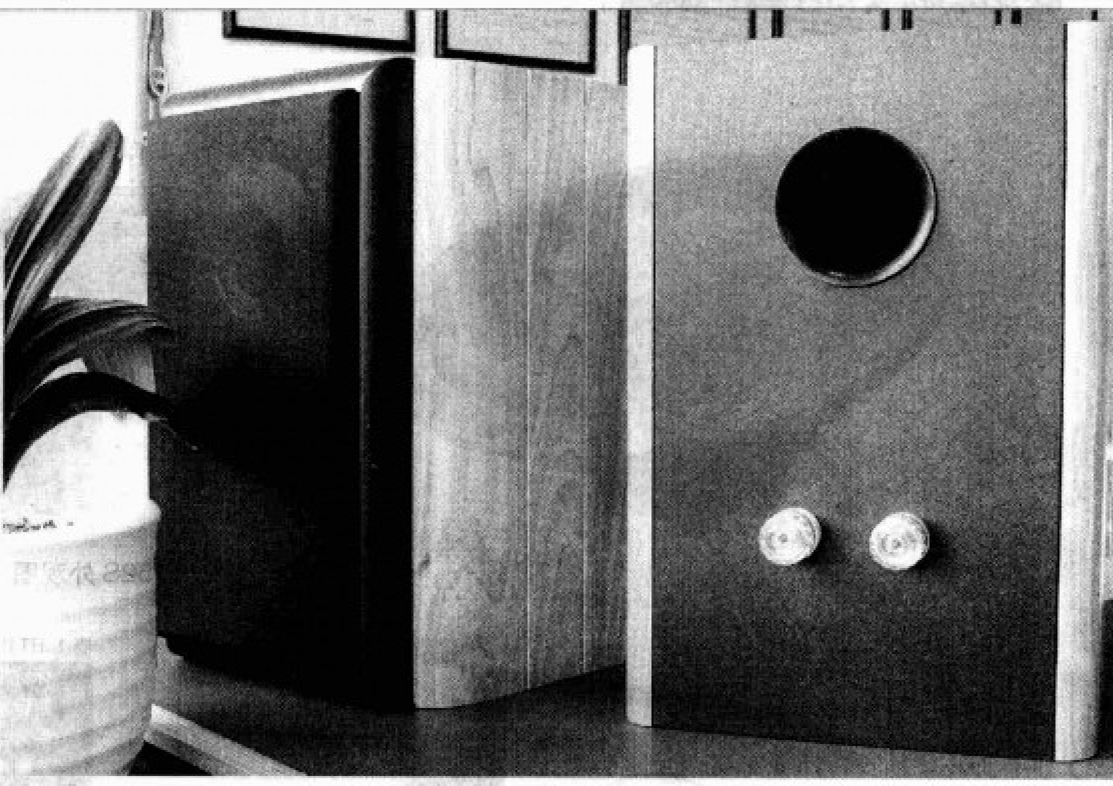
图 3 内部结构

图 4(a) 外观

图 4(b) 外观

进电位器，调节电位器挡位扬声器里话筒效应比较严重，敲击机壳，机柜话筒效应也较大，苦思半天后，给 301 管用铜编织网编织了几个“草帽”，用橡皮筋拉在管顶，开声，话筒效应减小，经过不断改进，后来给管子用铜丝编织网做了一对套子并接地，如图 4 所示。再次开声，解析力明显地提高，细节多了，话筒效应基本上没有了。在网上看有的朋友制作的 301A 前级，把音量电位器放在输出端，这样做基本上也没有话筒效应。整流管使用 280 全波整流管和 281 半波整流管对比，交流声没有什么变化，281 半波整流声音略显活泼一些。阴极电容选用思碧、摩罗力与英国油浸电容进行对比，使用两只英国 47 μF/35V 油浸电容并联，充分发挥出直热管的迷人音色。

制作这台前级耗了我好多时间和精力，可以说是用“不惜一切代价”来形容，投资大，回报也大，该前级能自如地控制 300B 后级，推动 ALTEC 605A 扬声器系统，整体感觉声音平衡、顺滑、线条清晰、凌厉、有速度，低频干净、量感足够，中频密度高、质感很好，高频飘逸、韵味浓郁，使人听了以后印象十分深刻，“中毒”很深。



一款 5.25 英寸 书架音箱的制作

〇 文／林芝松

20世纪90年代以来，惠威公司推出的专业监听级音箱M1享誉国内外电声界。M1音箱以天然原木打造的时尚外观、坚实小巧的箱体结构、好评如潮的音质深深地打动了我，于是我购买了一对M1的空箱（210mm × 276mm × 330mm），准备DIY一对放在卧室听音的书架箱。

5英寸左右的书架箱，成功出名的不乏有之，如英国BBC广播公司的小型监听音箱LS3/5A、美国的JBL 4344系列监听音箱等，然而它们的价格不菲，就拿M1音箱来说，虽然已推出近十年，但价格仍居高不落。为此笔者打算采用其他扬声器单元按自己的意愿对M1音箱进行DIY，就是想试试，用较低的价格组装出较满意的音箱，能不能实现此愿望，只有经过实际操作才知道答案。

扬声器单元的选择

扬声器单元的选择，对于音箱制作来说是最重要的环节。

图 1a RT1L 外观图

图 1b RT1L 外观图

1.高音单元

高音单元采用惠威的带式高音RT1L。这是一款惠威公司2003年推出的高解析力、高保真、高性价比的高音单元，其高音扬声器主要性能参数见表1，外形如图1所示。银白色的面板，中心金黄的环状超轻振膜，配以亮晶晶的相位锥，精致典雅。在惠威公司推出的M6000HT、S600HT等系列音箱中，其高音就是采用此单元。

2.中、低音单元

中低音单元选择的是美国来福车用T152S中、低音扬声器，其参数为5.25英寸、4Ω、88dB、MS 100W，正好符合我的要求，来福扬声器是美国顶尖发烧汽车音响品牌，T152S是来福公司套装扬声器里的中级产品，资料显示：T152S中、低音扬声器采用全铸铝盆架，铝质双层音盆，大折环橡皮悬边，加长音圈配合窗式对流散热孔，磁钢后置散热孔，大功率长冲程的设计。采用一体化螺丝连接接线方式，省去了焊接的麻烦。外径为143mm，对角螺丝孔距为134mm，部分性能参数如表2所示。T152S的中频爽朗，低频极具活力，人声雄厚、润滑、清晰，令人回味无穷。T152S的外形结构如图2所示，刚劲潇洒，适应长时间强劲功率的使用。

箱体的改造

M1箱体安装中、低音扬声器的开孔刚好能装入T152S

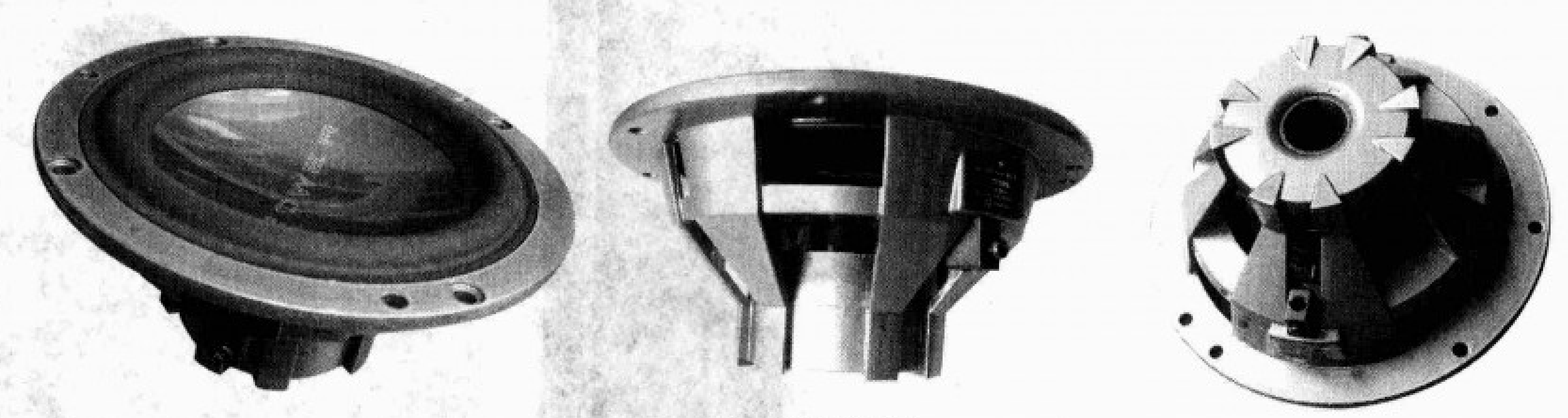


图 2 T152S 外观图

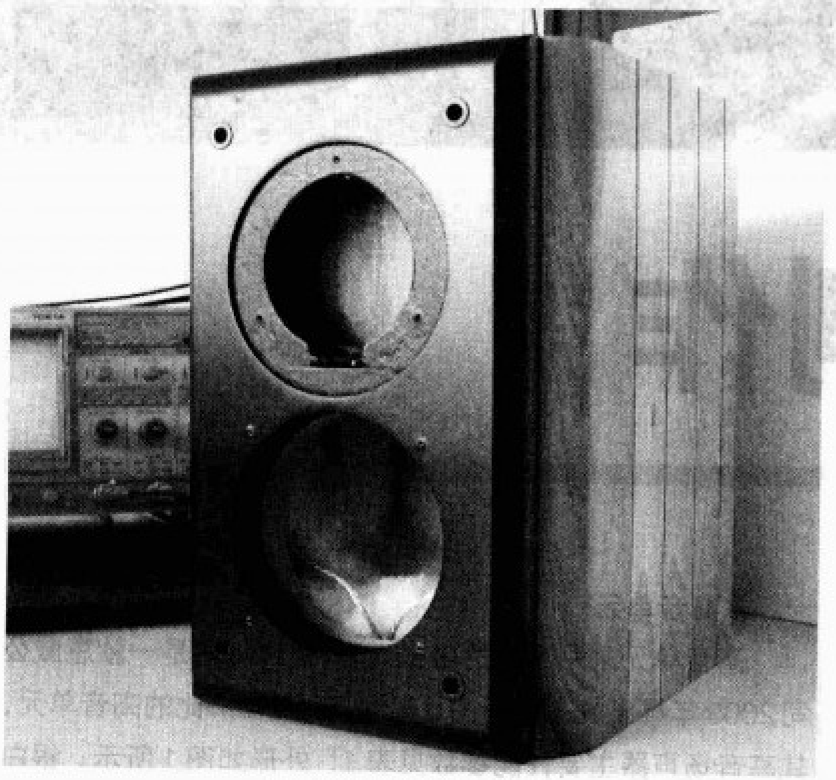


图 3 箱体改造后的照片

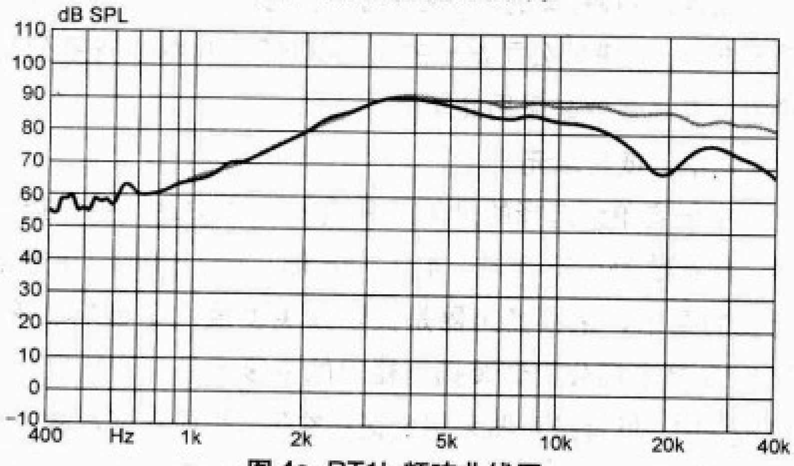


图 4a RT1L 频响曲线图

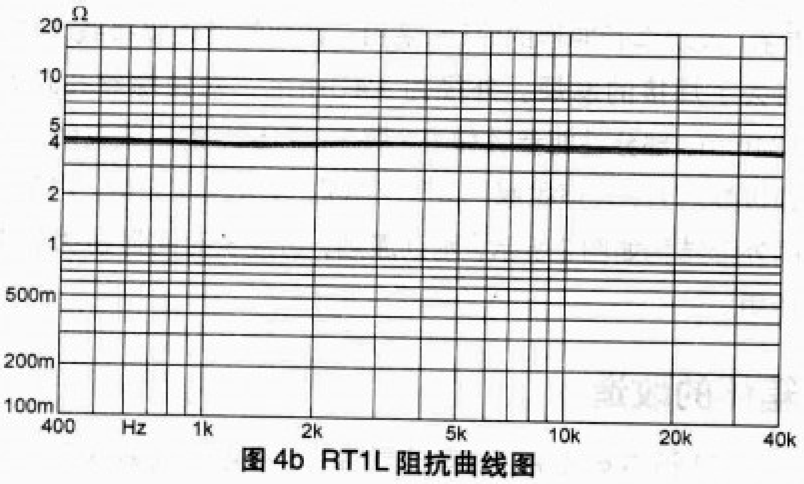


图 4b RT1L 阻抗曲线图

表 1 RT1L 的主要性能参数

标称阻抗（Ω）	4
额定功率（W）	5
最大功率（W）	20
灵敏度（dB）	88
频响范围（kHz）	2.5~20
推荐分频点（kHz）	≥3.5

表 2 T152S 的部分性能参数

标称阻抗（Ω）	4
额定功率（W）	100
最大功率（W）	200
灵敏度（dB）	88

单元，无需改造。而原安装R1高音单元的地方则需经改造后才能装入RT1L高音单元。先用等厚的MDF中密度板锯成原用于安装R1磁体的凹槽的尺寸（75mm × 90mm），在操作时一定要与原箱凹槽紧密配合，然后用万能胶粘牢补平，等充分固化后，再按RT1L扬声器尺寸（ϕ80）开孔，用木锉修边、PVC贴面装饰，最后用厚10mm左右的MDF板锯成大小合适的尺寸，用万能胶从里面往外将开孔封住，处理好后再穿线孔。改造后的箱体如图3所示。

分频器的设计

有人说分频器是音箱的“心脏”、也有人云是音箱的“大脑”，可见分频器对音箱的音质是何等的重要！它的作用是合理分配高、中、低音单元的功率，把整个音频频带合理分割，使各个单元工作于其相应的频带得到合理的功率，能扬长避短、淋漓尽致地发挥出各自的潜能，也使全频段的频响平滑，声像相位准确，又使高、中、低音播放出来的音乐层次分明、合拍、明朗、舒适、宽广、自然。分频器直接影响音箱最终的声音表现，所以它的设计和调试不可等闲视之、马虎了事。经过反复考虑，本分频器选择的是相位特性与过渡特性更优的简单6dB/oct一阶分频网络。

1.分频点的选择

高音单元RT1L扬声器的频响特性曲线显示其频带范围为2.5~20kHz，见图4。厂家推荐的分频点是大于、等于3500Hz，因阻抗特性曲线十分平坦，所以无须加接补偿电路。

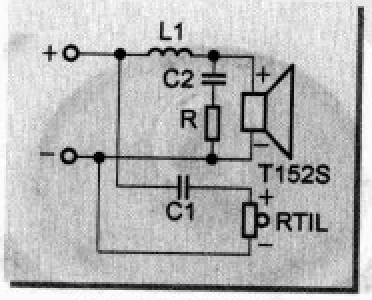


图 5 分频器线路图

中、低音扬声器T152S，在网上查不到其频响特性曲线和阻抗特性曲线以及更详尽的参

数，但根据5.25英寸小口径及双层铝音盆的结构特点，分频点选在3～3.5kHz，应该不会引起分区振动的失真，所以本分频器的分频点选择为3.25kHz，中、低音单元增加RC中、高频阻抗补偿电路，具体设计电路如图5所示。

2.分频器电感线圈的制作

根据公式计算得出C1，L1的值：

$C1=159240/(Z_H f_C)=159240/(4\times3250)\approx12(\mu F)$

$L1=159.24Z_L/f_C=159.24\times4/3250\approx0.2(mH)$

式中：Z_L为中、低音扬声器的标称阻抗：4Ω；Z_H为高音扬声器的标称阻抗：4Ω；f_C为分频点频率：3250Hz。

电容C1采用薄膜电容，其容量可由多个电容并联获得。L1为0.2mH，成品的电感线圈不易买到，只好自己动手绕制。当电感线圈的截面为正方形且线圈的内径等于外径的一半（即截面边长为a，则内径为2a，外径为4a）时，是最佳结构的电感线圈，以最短的漆包线来获得最大的电感量，线圈的直流电阻也为最小。其计算公式如下：

$a=(L1\times d^4\times790)^{1/5}$

$N=19.88\times(L/a)^{1/2}$

式中：L为所需电感量（μH）；d为所选用漆包线的直径（mm）；a为截面边长（mm）；N为绕制的匝数（T）。本线圈选用φ1.36mm漆包线绕制，代入上式计算得出：a≈14mm；N≈76T。

采用有机玻璃和PVC管按图6所示的尺寸加工线圈骨架，做好的实物如图7所示。骨架内径若找不到直径合适的PVC管，可用直径小些的PVC管缠绕厚纸板带至规定值，再用胶带包扎牢固即可。

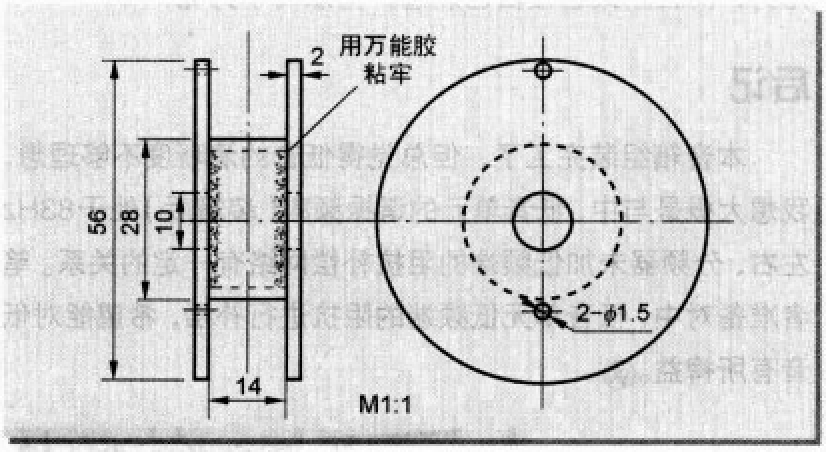


图6 线圈骨架图纸

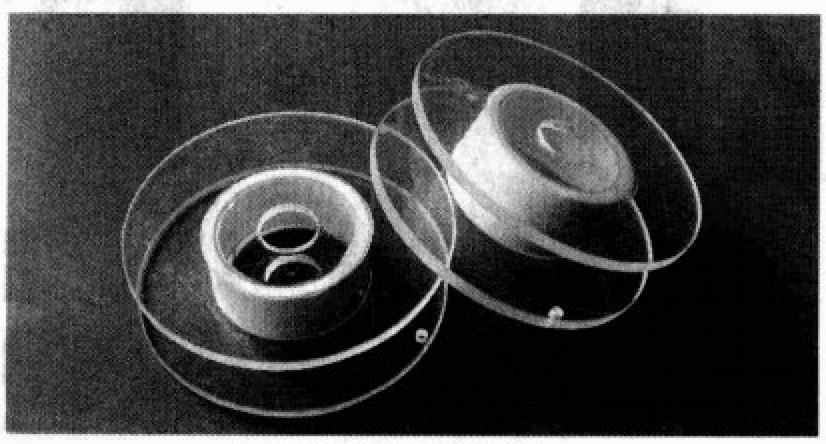


图7 线圈骨架实物图

绕制时可在计算值的基础上多绕几圈，用胶带包两层不让散开，先不用剪断漆包线，只需用刀片在漆包线上刮去一点漆皮，用鳄鱼夹夹住测量，边测量边增减圈数，直至达到所需的数值，然后再剪去多余漆包线，重新扎好胶带。

3.中、低音单元的中、高频端阻抗补偿网络

中、低音扬声器的阻抗不是一个恒定值，而是随输入信号的频率变化而变化的，阻抗特性曲线描述了这种变化。因查不到T152S扬声器的阻抗特性曲线图，所以在进行阻抗补偿前需测出扬声器装入箱体后的一系列频点的阻抗值。操作时先用音箱线连接T152S单元，然后安装到箱体上，接线由导相管引出，并用海绵塞住导相管，具体测量连接如图8所示。图9所示的是笔者用函数波形发生器（自制）、频率计、交流毫伏表、数字万用表和示波器等组成的扬声器阻抗测量电路。测出系列频点（如20Hz～10kHz）的相对应的V1、V2值，然后根据公式：$R_0=RV2/(V1-V2)$计算出一系列R_0值，用描点法绘出阻抗特性曲线图，如图10中的A曲线。

关于补偿网络R、C值的计算方法，报刊及网络上介绍甚多，计算的结果相差也很大，笔者采用的是如下公式：

$C2=1/(2\pi f_m Z)$

式中：Z为中、低音单元（T152S）的标称阻抗（4Ω）；f_m是阻抗为标称阻抗值1.4倍时的中、高频端频率值，即：$Z_m=4\times1.4=5.6\Omega$时的频率，经实测为1610Hz，则C2＝24.7μF，取24μF。

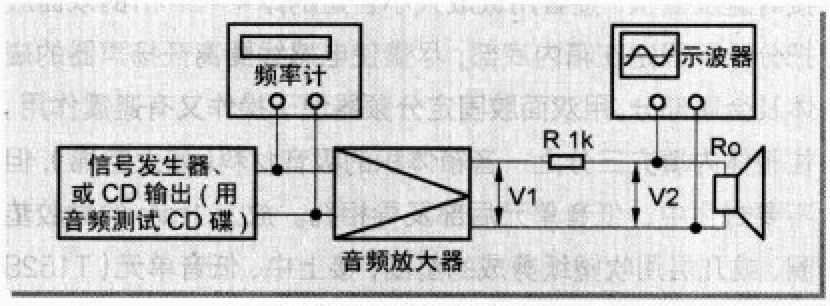


图8 阻抗测量线路图

图9 阻抗测量仪器照片

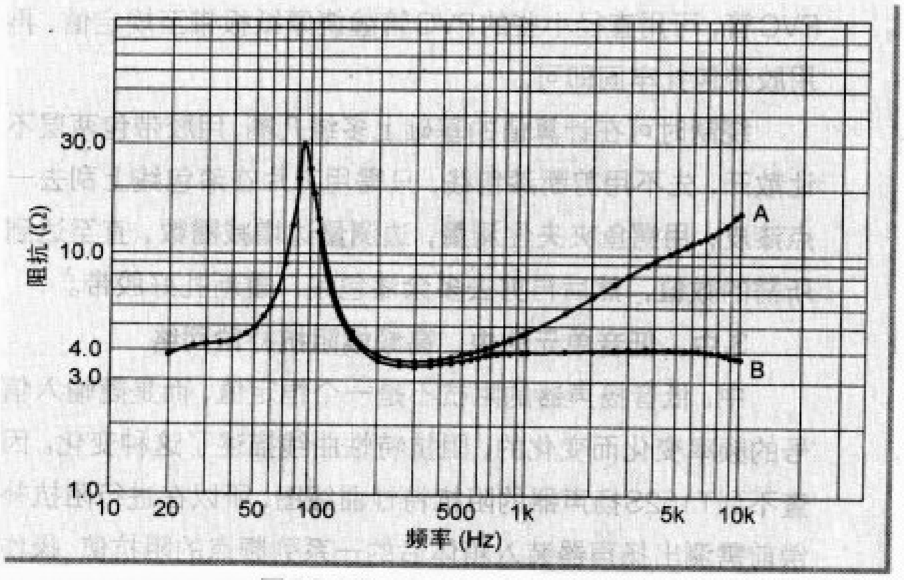


图10 T152S阻抗特性曲线图

$R = Z = 4\,\Omega$

然后将C2与R串联后再与T152S单元并联，用上述的方法描绘出补偿后的阻抗曲线，通过微调C2、R的值可对阻抗曲线进行调整。与补偿前的曲线对比，可看出，通过补偿后，将T152S的中、高频端阻抗曲线拉平直了许多，如图10中的B曲线，这有利于分频点的稳定，使频响特性曲线更趋于平直。

分频器电路较为简单，笔者是用刀刻法制作分频器的电路板，也可采用搭棚来制作和安装，只要将元器件尤其是电感线圈等安装牢固即可。

音箱的安装与调试

分频器用音箱线焊接好，最好用含银焊锡丝来焊接，焊接时速度要快，接着用裁成大小合适的厚4～5mm的双面胶把分频器固定在箱内底部，尽量使电感线圈离开扬声器的磁体及金属部分。用双面胶固定分频器便于操作又有避震作用。往箱体内填充三分之一音箱体积的吸音材料（如太空棉），但不要封住中、低音单元后部及导相孔。放上1mm的橡胶垫圈，或几层用吹塑纸剪成的垫圈，接上中、低音单元（T152S单元为一体化螺丝连接），焊接高音单元。先用较短的螺钉安装好各单元，等调试满意后，换用较长的螺钉固定。

最后是试听，根据试听的效果调整导相管长度及吸音棉的用量，主要是听低音的清晰度是否具有弹性，此项操作要有耐性，有时需反复多次，最好能与参考级音箱对比来进行操作。调整导相管的长度时，建议用厚纸板卷成一圆筒（比导相管短些）套入导相管内，边听边调节长度。本音箱的导相管长度为95mm（供参考），组装完成的音箱如图11所示。

试听

本音箱试听时所用的声源是万利达DVP-600DVD播放机，担任音频放大的是笔者用LM3886功放集成电路加电子管前级的自制功放。用惠威的音箱试音碟进行试听，通过反复聆听，觉得整个频段比较平衡、连贯，速度感和控制力令人满意，输出功率强劲，这要得益于具有美国西部牛仔风格的T152S扬声器；高音清晰，极具穿透力，这归功于颇具东方少女神韵的RT1L高音单元。尤其是对人声的演绎可谓淋漓尽致：蔡琴的“渡口”和“张三的歌”，她那淳厚，沉稳略带伤感的女中音，就仿佛由不远处飘来阵阵低回委婉、温柔含蓄的倾诉，久久萦绕耳边。八只眼的“达坂城姑娘”的无伴奏四重唱，他们用人声演唱衬词来伴奏，时合时分、默契配合，把男声重唱最本质的阳刚之美、和声之美展现出来，人声显现得极为逼真，换气声、唇齿声、喉底声，声声入耳，每个人演唱的位置清晰可辨，结像准确，就如四个人站在面前演唱一样真切。京剧女声“红灯记”，歌声高亢亮丽，不毛不刺，久听不厌。敲击乐清脆的铃声，沁人心脾。当播放“炎黄第一鼓”，鼓声坚实有力，但震撼力不足，打个比方，用10英寸音箱来听，敲的是大鼓，而用5英寸音箱来听，敲的却似小鼓，这也是意料中的事，这正是小音箱普遍存在不足之处。然而，小有小的好处：音箱小，箱体谐振就少些；扬声器口径小，更接近“点音源”，对表现音场更为有利；扬声器小，振膜就小，由于振膜本身分割振动所引起的失真就小，这样更有利于提高分析力，所以不十分追求低频量感，而着重追求低频质感的我，听起来会更“爽”，这不正是卧室环境所追求的吗？虽不算十分完美，但毕竟整个花费还不超过1500元。DIY过程不仅乐趣无穷，而且结果也让自己满意，何乐而不为呢？

后记

本音箱组装完工了，但总觉得低音的清晰度不够理想，我想大概是与中、低音单元的谐振频率（装箱后）处于83Hz左右、分频器未加低频端的阻抗补偿网络有一定的关系。笔者准备对中、低音单元低频端的阻抗进行补偿，希望能对低音有所裨益。

图11 音箱组装完工后的照片

支持话筒录音的 USB声卡

文/吴红奎

单片型USB界面的音频控制器(USB声卡)是比较适合被DIY的,因为音频的数模转换和模拟放大远离PC机箱,理论上可以获得更纯净的声音。尽管声卡外置有不少好处,但目前集成声卡仍然是主流,USB声卡更多的被应用到笔记本电脑上。随着网络语音的兴起,以VoIP(Voice over internet protocol,网络语音传输)为代表的网络电话也逐渐流行,可惜这样的芯片不是很多,电脑市场上流行的USB声卡,所用的IC以台湾C-MEDIA(骅讯电子)公司的单片IC居多。如果你熟悉PC,那么CMI8738声卡你一定熟悉,一个很普及(性价比高)也很受诟病(音质差)的声卡芯片,不过该公司近几年推出的芯片,在音质上已经有了很大的改观,而单片型的USB音频IC,包括集成解码器和编码/解码器的产品,也都非常有特色。

C-MEDIA公司的USB声卡IC一般都集成了耳机放大器,可以直接驱动耳机。为了实现额外的音效功能,还推出了自己专用的驱动程序,比较有代表性的有早期的CM101,以及后来的多声道型号CM106,而比较新的是开始支持VoIP功能的CM108、CM109,要实现比较理想的回声消除等功能,需要搭配专用的IC,如CMT1101等,最新的则是单片型的产品,如CM630x系列,如CM6303等。

CM108是应用相对广泛的单片型双声道USB声卡控制IC,C-MEDIA公司则称之为USB耳机IC,配合专用的驱动程序,支持虚拟5.1音效和单声道话筒输入。在PC应用环境下耳机输出有很高的信噪比,HID功能除了音量控制外还包括播放和录音静音功能,4个GPIO(基本输入/输出控制接口)端口可以通过软件实现更丰富的控制功能,与重视音质的PCM2702、PCM2704等相比可谓是各有所长。

1.CM108与PCM2702的对比

表1所示的是CM108的主要技术规格以及它与PCM2702的简单对比,片上DAC(数字/模拟转换器)代表了最终模拟音频输出的质量,因为PCM2702没有集成输入录音功能,所以表1没有列出CM108集成的ADC(模拟/数字转换器)的性能参数,感兴趣的读者可以查阅CM108

表1 CM108与PCM2702的简单对比

	项目	CM108(10kΩ负载)	PCM2702(5kΩ负载)
片上	Resolution(分辨率)	16 bit/s	16 bit/s
DAC	THD + N	0.019%(-3dBr)	0.002%(0dB)
性能	SNR(信噪比)	93.6 dB	105 dB
	DNR(动态范围)	93.8 dB	100 dB
USB传输规范		USB2.0全速模式	USB1.0全速模式
电源		5.0V单电源	3.3V/5.0V双电源
耳机放大器		有,16Ω	无
S/DIF输出		有,IEC60958规范	无
HID(人机界面控制)		4 GPIO	不支持
片外EEPROM		93C46	不支持
音效		Xear 3D等,需驱动	无
话筒输入		单通道,需驱动	无
多媒体控制面板		支持,需驱动	无
封装外形		LQFP48	SSOP28
生产商		C-MEDIA	TI

表2 CM108部分I/O功能

编号	名称	功能
1	SPDIFO	S/PDIF输出,8mA电流输出能力,可以直接连接激光二极管;
7	PWRSEL	电源选择,H:最大总线电流100mA,L:最大总线电流500mA
10	MODE	工作模式控制,H:Speaker Mode;L:Headset Mode
12	LEDO	LED工作指示:工作状态输出H,数据读取输出脉冲
21	LEDR	LED录音工作指示:录音静音输出H
22	ADSEL	ADC输入选择:H:外部ADC;L:内部ADC
23	TEST	测试模式:H:测试模式;L:非测试模式
25	VBIAS	话筒偏置输出(4.5V),用于驻极体话筒
27	MICIN	话筒输入
28	VSEL	耳机输出端输出电平选择:H:Vpp = 3.5 V;L:Vpp = 2.5 V
30	LOL	左声道耳机输出
32	LOR	右声道耳机输出
38	MSEL	混音器选择,需要驱动支持,H:混音器有效,L:混音器无效;
40	PDSW	开关控制,H:工作,L:待机
41	USBDP	USB D+输入
42	USBDM	USB D-输入
16	SDIN	ADC I²S数据输入,可用于片外ADC信号输入,如外置的话筒的放大器
44	SDOUT	DAC I²S数据输出,可用于外部高品质DAC解码
6	MUTER	HID功能,录音静音
18	MUTEP	HID功能,放音静音,可用于唤醒控制
39	VOLUP	HID功能,音量增加,可用于唤醒控制
48	VOLDN	HID功能,音量降低,可用于唤醒控制

备注:H(高电平):3.3V,L(低电平):0V;
Speaker Mode:扬声器模式,仅放音功能;
Headset Mode:耳机模式,(录音/放音模式)。

的技术文档。

从表1不难看出，CM108的模拟音频性能还是比PCM2702相差不少，不过实际表现还不错，静态指标也很好，只要电路布局合理，在耳机中听不到一丝静态噪声，接入优良的后级放大器也是一样。由于耳机输出的低阻抗特性，当接入后级放大器时的静态听感指标比PCM2702还要好，相关测试参看下文。

CM108集成了比较多的功能，引脚比PCM2702也多了不少，表2所示的是CM108的主要的输出/输入端子的名称和中文注释，不一定准确，供参考。为了便于比较，部分功能近似的引脚被排列到了一起，全部的引脚功能排列和定义如图1所示。

2.实用的应用电路

图2所示的是CM108的一个实用电路，可以看出，虽然CM108的引脚比较多，但其外围元器件并不比PCM2702复杂。图2虚线框中的控制电路也可以省略，因为即使没有专门的驱动程序，在Windows操作系统中（Win98SE以上的）已经有一个标准USB音频通用的音量控制面板，来实现音量控制和静音控制，只不过没有待机控制功能。

为了获得理想的信噪比和音频性能，要注意接地端的处理方式，尤其是采用USB总线供电时更应该注意，图2原理图中已经标识了重要的接地端的处理方法。

在图2中，电路供电是通过USB总线获得的。由于CM108需要70mA以上的电流供应，所以应尽量采用可提供500mA电流供

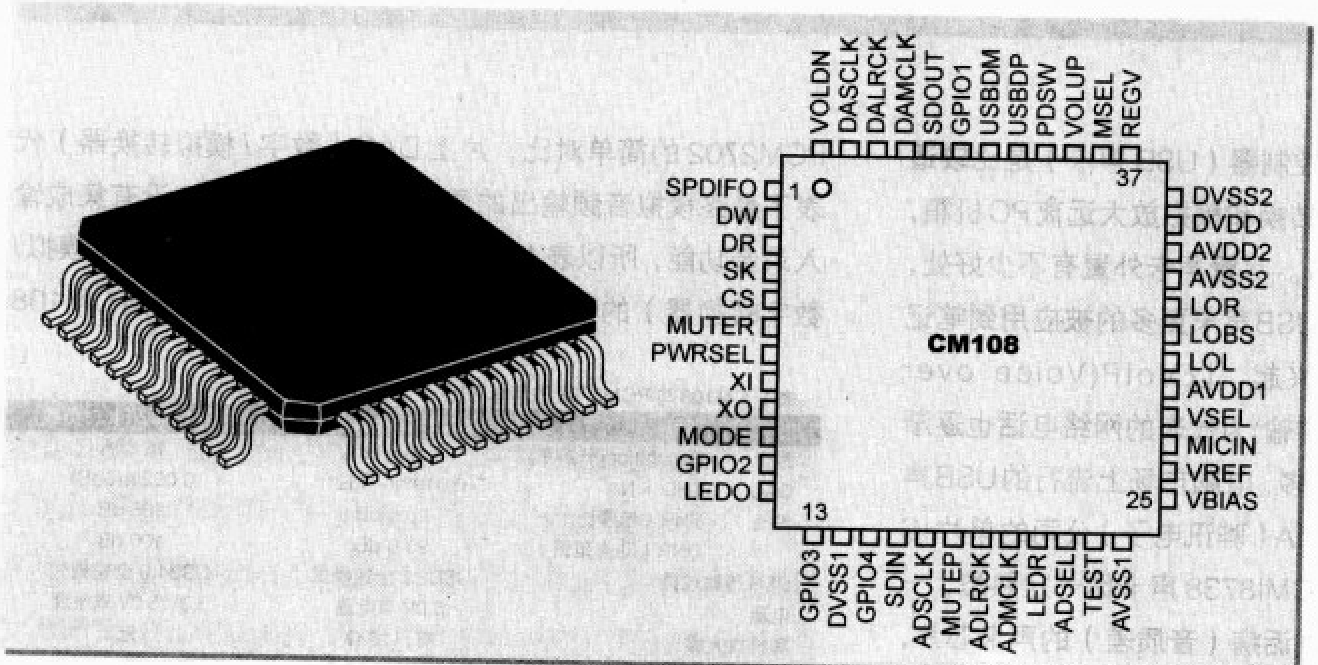


图1 CM108的引脚定义

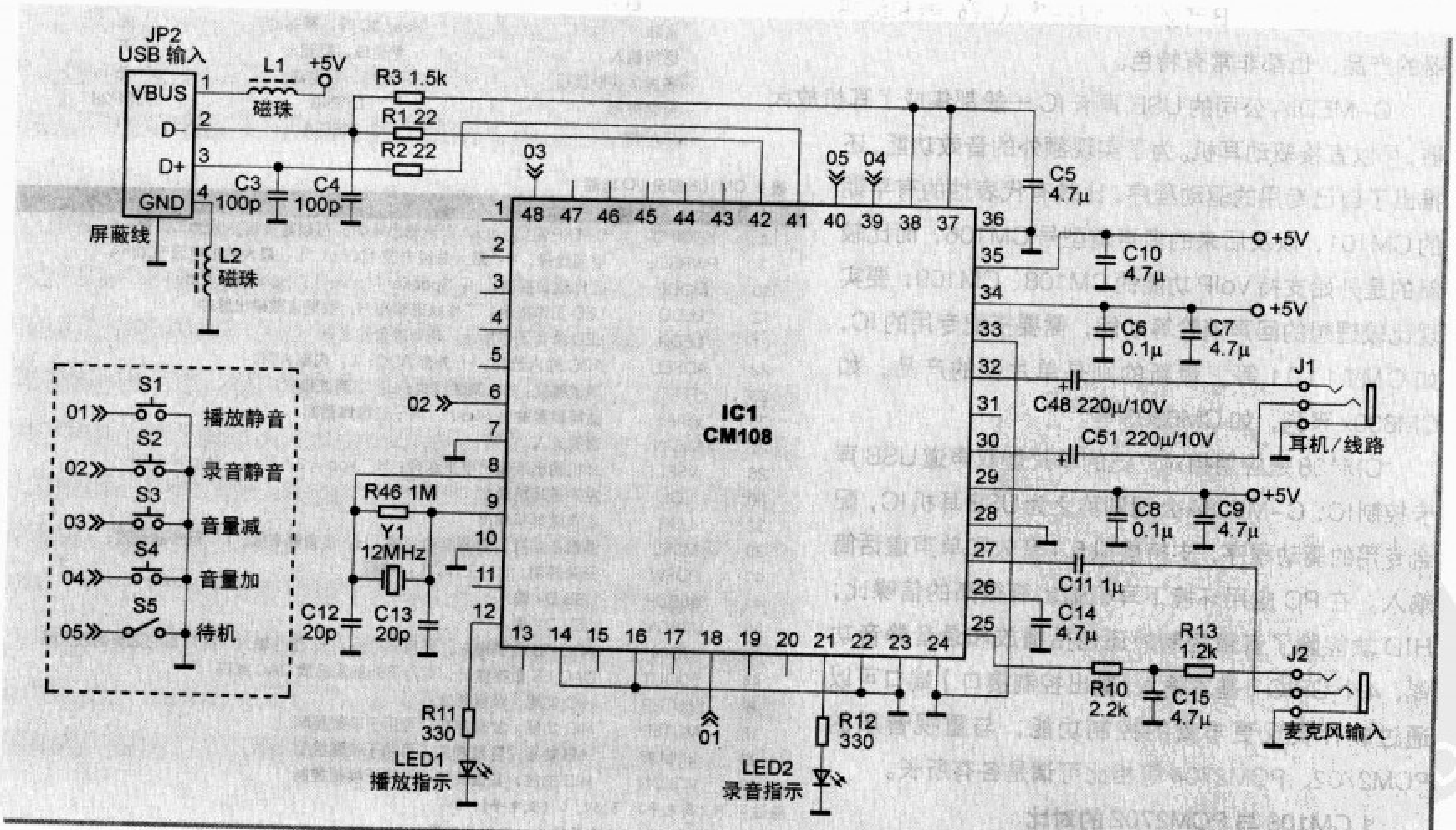


图2 CM108的实用电路

应能力的USB总线（另有一种100mA规范的）。L1、L2是用来改善总线EMI性能的，所谓磁珠，也有称为铁粉芯滤波器的，就是一个低电感量的高频电感，一般是一个细长的铁氧体圆柱体，中间一根导线穿过，大小、形状和一个1N4001二极管相当，但圆柱体部分一般比1N4001要长，在PC主板上一般都可以见到，有些还被用作鼠标、键盘输出端口的保险丝。另外在一些宣称不需要输出滤波器的D类放大器的设计中，也常常用它来改善EMI。话筒输入电路是针对驻极体（电容式）话筒的，一般驻极体话筒内都集成了前置放大器，所以需要一个很小电流的电源偏置。如果是音质比较好的动圈式话筒，需要经过独立的前置放大器放大后才能由此输入，CM108的27脚的偏置连接电路也可以省略。由于该脚的电流供应能力只是针对驻极体话筒的，因此不能用于其他的话筒放大器的前置放大器的电源供应。CM108的模拟音频输出端是针对16Ω耳机的，输出耦合电容用得比较大。如果想增加线路输出功能，可以适当串连一个容量比较小的电容。其他的电容都是用来进行滤波退耦的，这些电容要尽量靠近相应引脚，推荐采用低ESR的陶瓷电容或者钽电容，尤其是采用贴片元件设计电路时更是如此。

CM108有比较丰富的附加功能，如S/PDIF输出和I²S输出，可以外接高品质的DAC以提高音频质量，对于厂商大批量生产时还可以外接EEPROM（电可擦写非易失性存储器）统一设置CM108的可设定参数，同时可以写入厂商的标识等，在图2的基础上，图3显示了一些CM108可扩展的功能，每一个虚线框是一个扩展功能。图3中的VT1是一个电子开关，保证只有CM108处于播放状态时才给S/PDIF输出供电，控制信号来自CM108的待机控制端子，待机状态下40脚处于高电平，P沟道的VT1关闭，工作状态处于低电平，VT1导通，给S/PDIF输出电路供电。

3.软件应用

如果不采用C-MEDIA的专用驱动程序，按照图2焊接无误的电路通过USB连线接入系统后，系统只会认出一个标准的USB音频设备，与PCM2702类似，没有话筒输入功能，也不支持Xear 3D音效、环境音效、图示均衡器等功能，如果安装了专用的驱动程序，系统才会支持上述功能并由一个专用的控制面板进行设定和调节。C-MEDIA公司并不是为每一个型号的IC提供专用的驱动，而是提供一个通用的驱动，所以有些功能并不是CM108具有的，有些软件可以自动屏蔽而不显示，而有些显示会有误，如笔者采用的驱动，Xear 3D音效的图示显示为7.1声道虚拟环绕声而文字提示为5.1，这应该是软件的bug，可以不用管，图4所示的是采用版本为5.12.01.0042.7(62.2)的软件控制面板的各个标签，最后一个显示软件版本、版权的标签没有包含在内。

不同版本的专用驱动软件，控制面板稍有不同，一般来说，最新版本的软件，bug和兼容性也好一些，笔者最初采用的是稍早一些的某一版本的驱动，3D音效就很不明显。

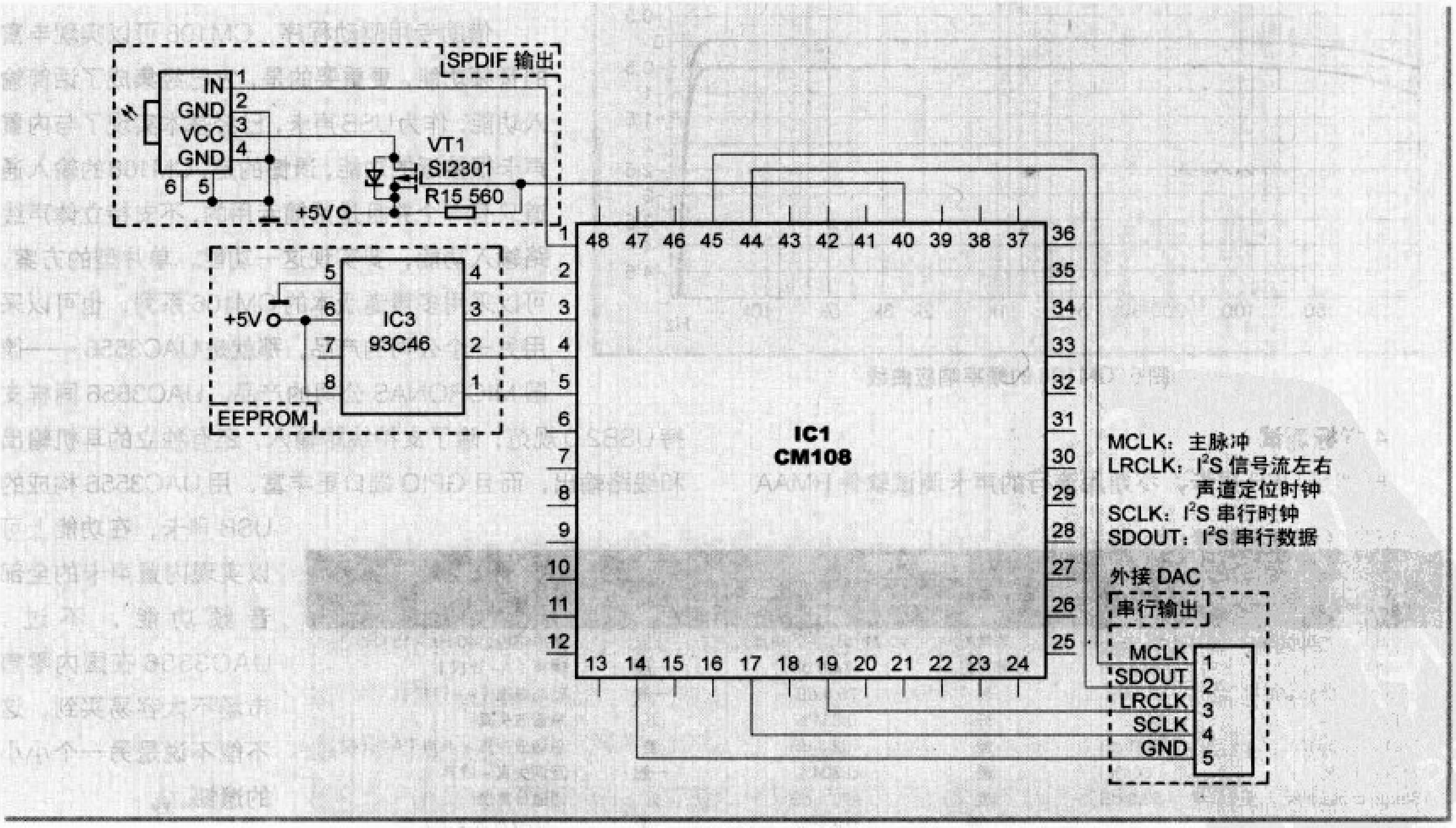


图3 CM108的扩展功能电路

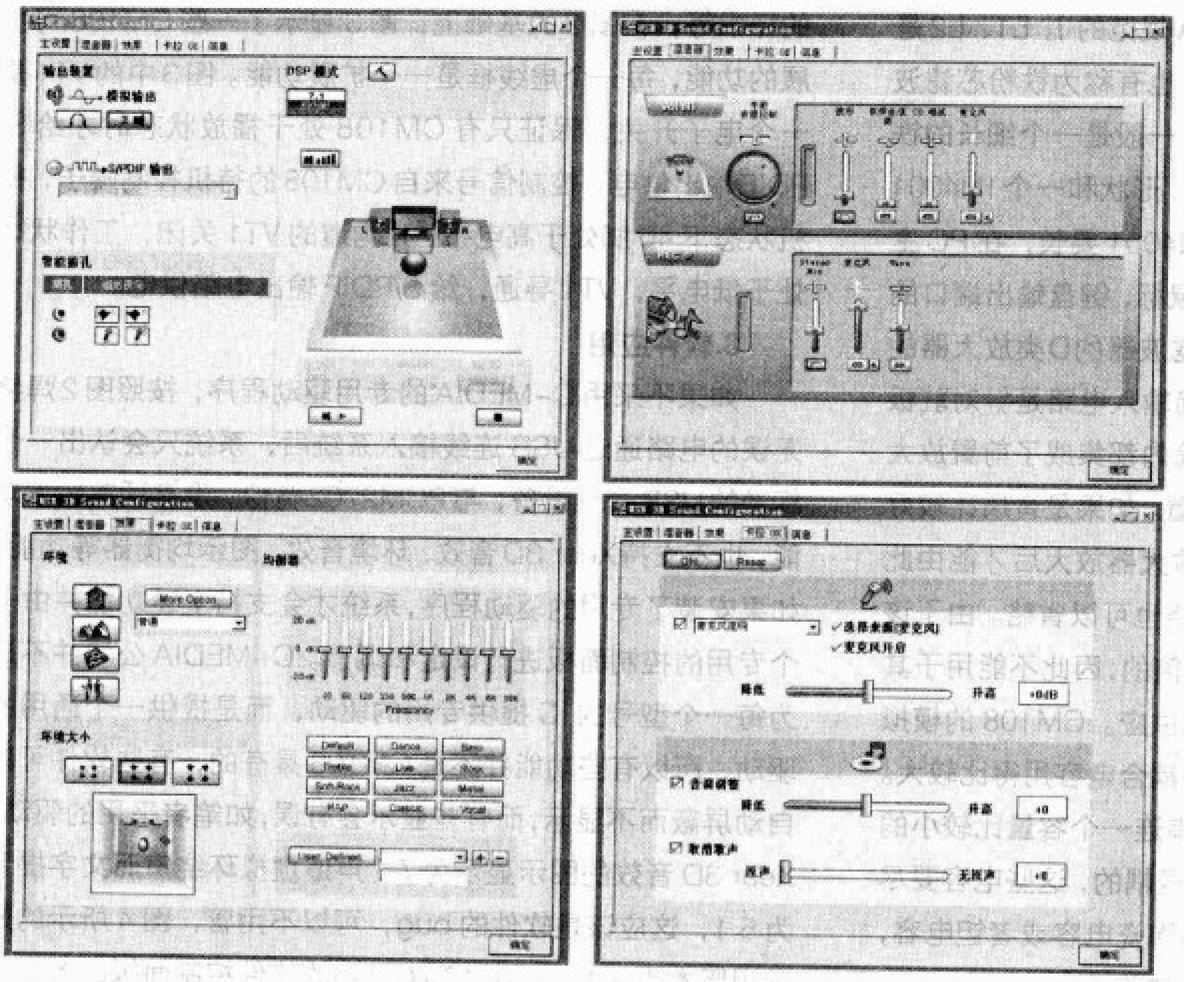


图 4 适用于 CM108 的专用驱动的控制面板

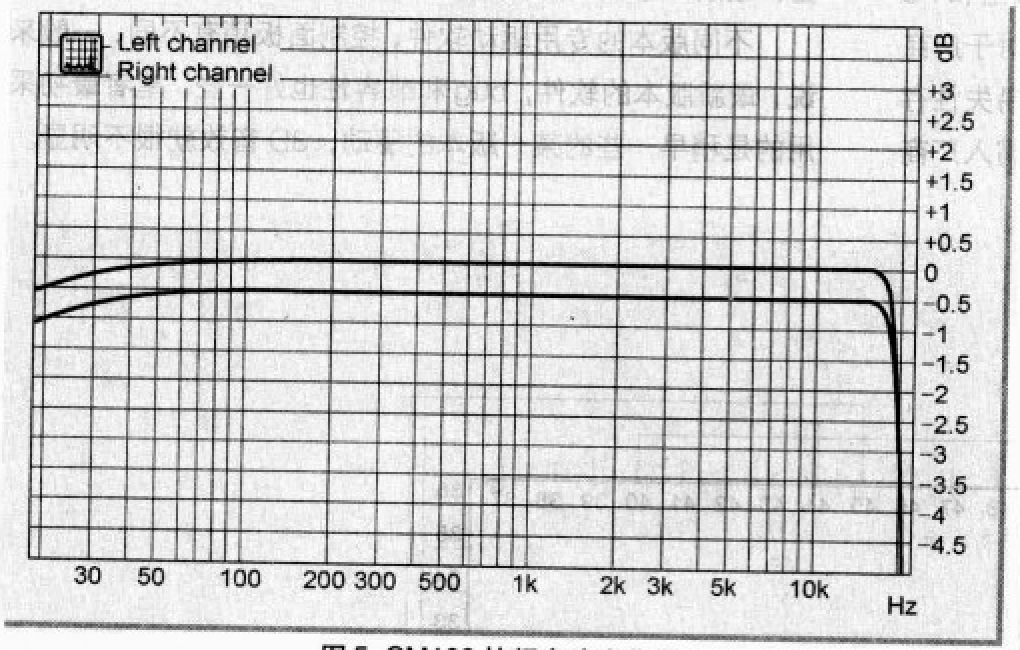


图 5 CM108 的频率响应曲线

4.指标测试

既然是 USB 声卡，不妨用流行的声卡测试软件 RMAA (RightMark Audio Analyzer)测试一下。测试的时候采用了两种方法：因为 CM108 录音只支持单通道话筒输入，所以录音没有采用线路输出→线路输入的方法，而是采用了“内录”的方法，在音频控制面板的录音面板（录音控制）中选择“Strereo Mix”而不是“话筒”，所得的测试结果列于表 3 的测试 1；另一种方法是用另外的声卡的录音通道来配合测试（电脑本身可以支持两个声卡，可以分别设定播放、录音所用的声卡），笔者所用是的内置 PCI 声卡，MX300（帝盟），所得的测试数据一并列于表 3 的测试 2 一栏中。

测试采用的 RMAA 的软件版本是 6.0.6，图 5 所示的是评价相对比较好的频率响应曲线图。表 3 中的一些指标比较差，也许 CM108 原本如此，也许电路装配或者布局有误差所致，也许与 RMAA 的设定有关，也许和 CM108 的单通道录音方式有关，原因没有最后确定，因此表 3 数据只具有参考意义。

借助专用驱动程序，CM108 可以实现丰富的音频功能，更重要的是，它已经集成了话筒输入功能，作为USB声卡，已经基本实现了与内置声卡很接近的功能，遗憾的是，CM108的输入通道只有一个并且是话筒专用的，不支持立体声线路输入功能，要实现这一功能，单片型的方案，可以采用多声道版本的 CM106 系列，也可以采用另一个公司的产品，那就是 UAC3556——德国 MICRONAS 公司的产品。UAC3556 同样支持 USB2.0 规范，除了支持线路输入，还有独立的耳机输出和线路输出，而且 GPIO 端口更丰富，用 UAC3556 构成的 USB 声卡，在功能上可以实现内置声卡的全部音频功能，不过，UAC3556 在国内零售市场不太容易买到，这不能不说是另一个小小的遗憾。

表 3 CM108 的基本实测参数

项目	参数值与评价				注释
	测试 1		测试 2		
	参数	评价	参数	评价	
Frequency response	+0.02 dB、-0.14 dB	非常好	+0.21 dB、-0.88 dB	一般	频率响应，40 Hz ~ 15 kHz
Noise level (A)	-43.6 dB	非常好	-74.6 dB	一般	噪声（A-计权）
Dynamic range (A)	50.1 dB	差	75.8 dB	一般	动态范围（A-计权）
THD	0.012%	好	0.031%	好	总谐波失真
THD + Noise (A)	-55.1 dB	差	-52.3 dB	差	总谐波失真 + 噪声（A-计权）
IMD + Noise	1.864%	差	0.304%	一般	互调失真 + 噪声
Stereo crosstalk	-53.9 dB	差	-70.1 dB	好	通道分离度
IMD at 10 kHz	0.289%	一般	0.353%	一般	10 kHz 处的互调失真
基本性能评价		一般		好	总体评价

介绍几款
适合DIY的D类放大器（下）

文 / 吴红奎

图7所示的是TDA8920BTH双通道应用的一个电路原理图，由于BTL应用只需要改变一下输出/输入端的连接方式，不需要改变外围元件的数值，所以图8只画出了BTL应用的示意图。因为输出功率比较大，TDA8920B需要足够大的独立散热器。

4. Tripath公司的TA2022

Tripath (Tripath Technology) 公司因其“Class-T Digital Audio Power Amplifier”放大器而名噪一时，国内资料大多称之为T类放大器，笔者以为不妥。虽然Tripath公司公开发表的技术文档中没有明确说明，但从末级电路的工作状态来判断，它属于不折不扣的D类放大器，笔者以为“Class-T Digital Audio Power Amplifier”译为“T系列D类放大器”或者“T种D类放大器”或其他不易造成概念混淆的名称比较好。“Class-T”放大器的核心是获得专利的DPP™(Digital Power Processing，数字功率处理器)技术，一种采用PDM(Pulse Density Modulated，脉冲密度调制)而

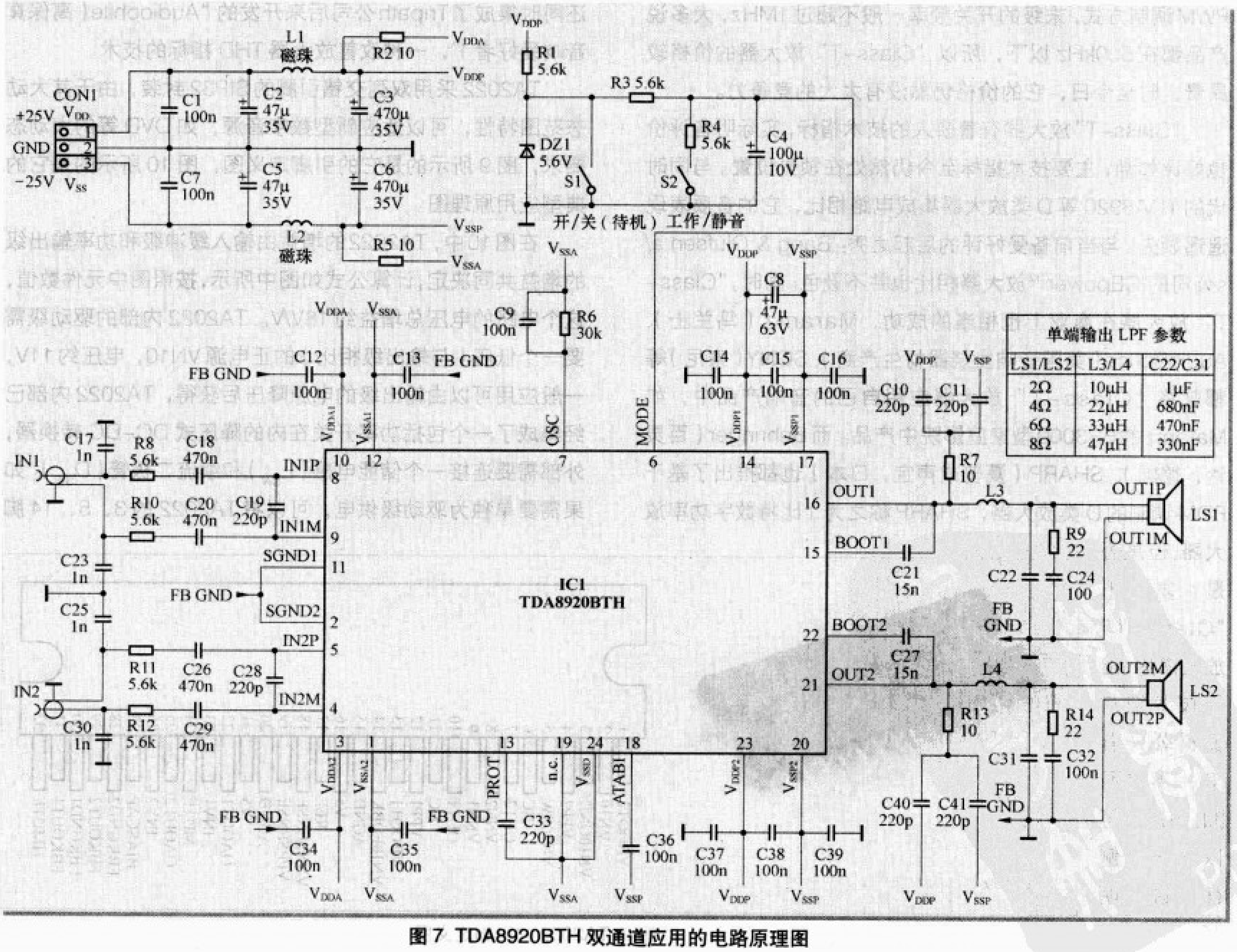


图7 TDA8920BTH双通道应用的电路原理图

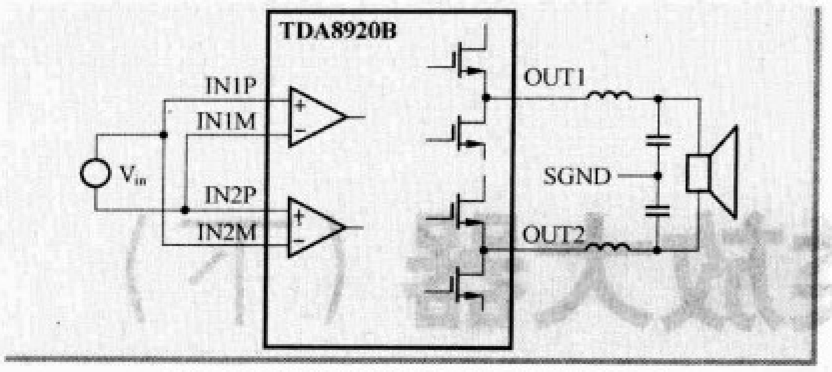


图8 TDA8920B的BTL应用连接示意图

不是常见的PWM调制的信号调制技术。

所谓PDM调制，可以理解为频率调制，以单位时间内脉冲个数来表示音频信号的波形信息，脉冲的宽度和幅度都是固定的。在信号调制处理阶段，调制器对电源电压的变化不敏感，对调制信号的波形精度要求也比较低，而对时钟信号的精度要求则比较高，而PWM调制是以频率不变为基础的。PDM调制方式的开关频率比PWM方式高得多，因此对末级功率开关器件(VMOS)高速开关特性要求苛刻。采用PDM调制方式的“Class-T”放大器，早期产品的开关频率就在2MHz以上，后期的产品则提高到了4MHz以上，而PWM调制方式，末级的开关频率一般不超过1MHz，大多说产品都在500kHz以下，所以“Class-T”放大器的价格较昂贵，时至今日，它的价格仍然没有太大的竞争力。

“Class-T”放大器有着骄人的技术指标，实际听音评价也好评如潮，主要技术指标至今仍然处在领先位置。与同时代的TDA8920等D类放大器集成电路相比，它的音质表现遥遥领先。与当前备受好评的后起之秀：Bang & Olufsen a/s公司的ICEpower™放大器相比也并不逊色。同时，“Class-T”放大器在商业上也相当的成功，Marantz（马兰士）、AudioSouce（美国音响发烧器材生产商）、SONY（索尼）等都曾将“Class-T”放大器应用自己的音响产品中，如Marantz的ER3000型家庭影院中产品。而Behringer（百灵达，德国）、SHARP（夏普或声宝，日本）也都推出了基于PDM调制的D类放大器，SHARP称之为1比特数字功率放大器，但是否是基于“Class-T”放大器的，由于技术细节资料公开有限，不得而知。不过这可以从一个侧面说明“Class-T”曾经是非常成功和优秀的D类放大器技术。

Tripath公司先后推出了很多型号的“Class-T”放大器，有单片型的，也有两片组合型的。早期型号以组合型的为主，每个组合都有一个代号，以字母前缀“TK”为标识，如TK2050等价于TC2000+TP2050，调制控制级以“TC”为字母前缀，功率输出级IC以“TP”为字母前缀，单片型的则以“TA”为字母前缀。“Class-T”放大器早期以模拟输入为主，后期在推出了数字输入型的调制控制级TCD6000、TCD6001，功率输出级则可以灵活选用。由于“Class-T”放大器采用的是PDM方式，只能采用该公司自己推出的功率输出级。至今未见有其他公司推出类似的以PDM方式工作的D类放大器产品，Tripath公司自己近几年也少见新品推出。

TA2022是单片型“Class-T”放大器中比较有代表性的一款，输出功率大（90W × 2、4 Ω、THD = 0.1%），集成度高，动态范围大（102dB），效率高。集成了过流、过压/欠压保护功能，双电源供电，半桥输出，可以桥接，桥接输出功率最大可以达到230W。除了DPP技术，TA2022还同时集成了Tripath公司后来开发的“Audiophile（高保真音响爱好者）”，一种改善放大器THD指标的技术。

TA2022采用双列交错引脚的SIP32封装，由于其大动态范围特性，可以适应新型数字音源，如DVD等的大动态要求，图9所示的是它的引脚定义图，图10所示的是它的典型应用原理图。

在图10中，TA2022的增益由输入缓冲级和功率输出级的增益共同决定，计算公式如图中所示，按照图中元件数值，这个电路的电压总增益约18V/V。TA2022内部的驱动级需要一个低压（与输出级相比）的正电源VN10，电压约11V，一般应用可以由输出级的电源降压后获得，TA2022内部已经集成了一个包括功率开关在内的降压式DC-DC转换器，外部需要连接一个储能电感（L_{SW}）和续流二极管（D_{SW}）。如果需要单独为驱动级供电，可以将TA2022的3、5、14脚

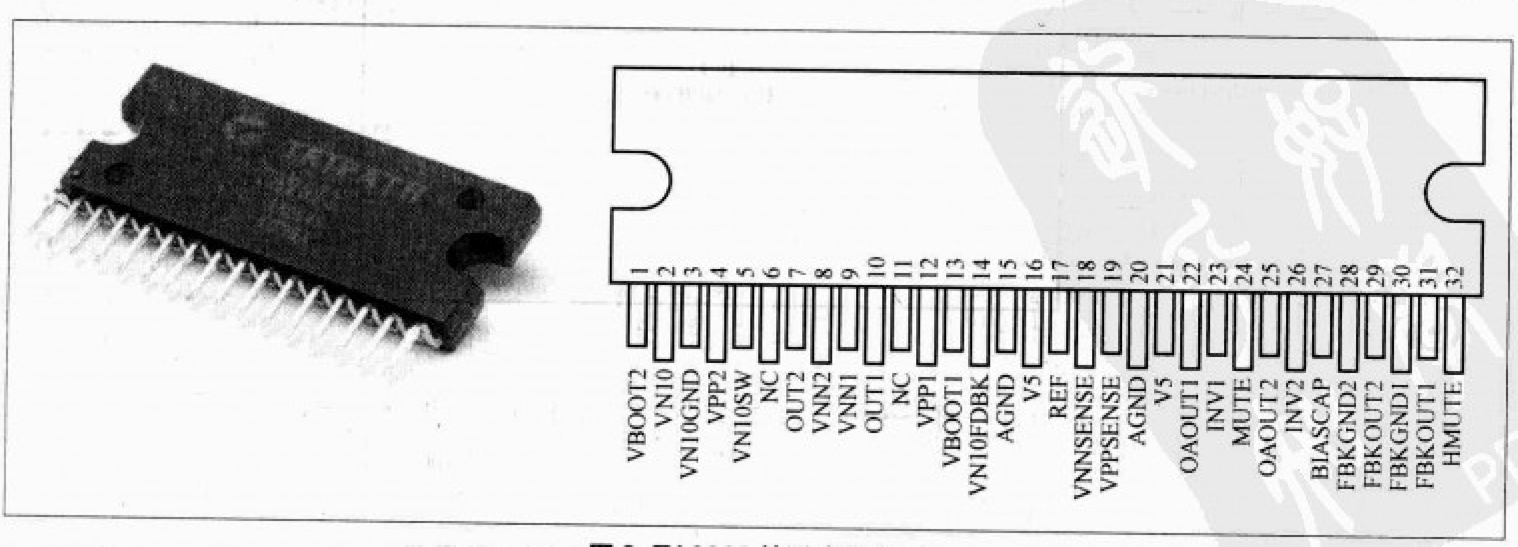
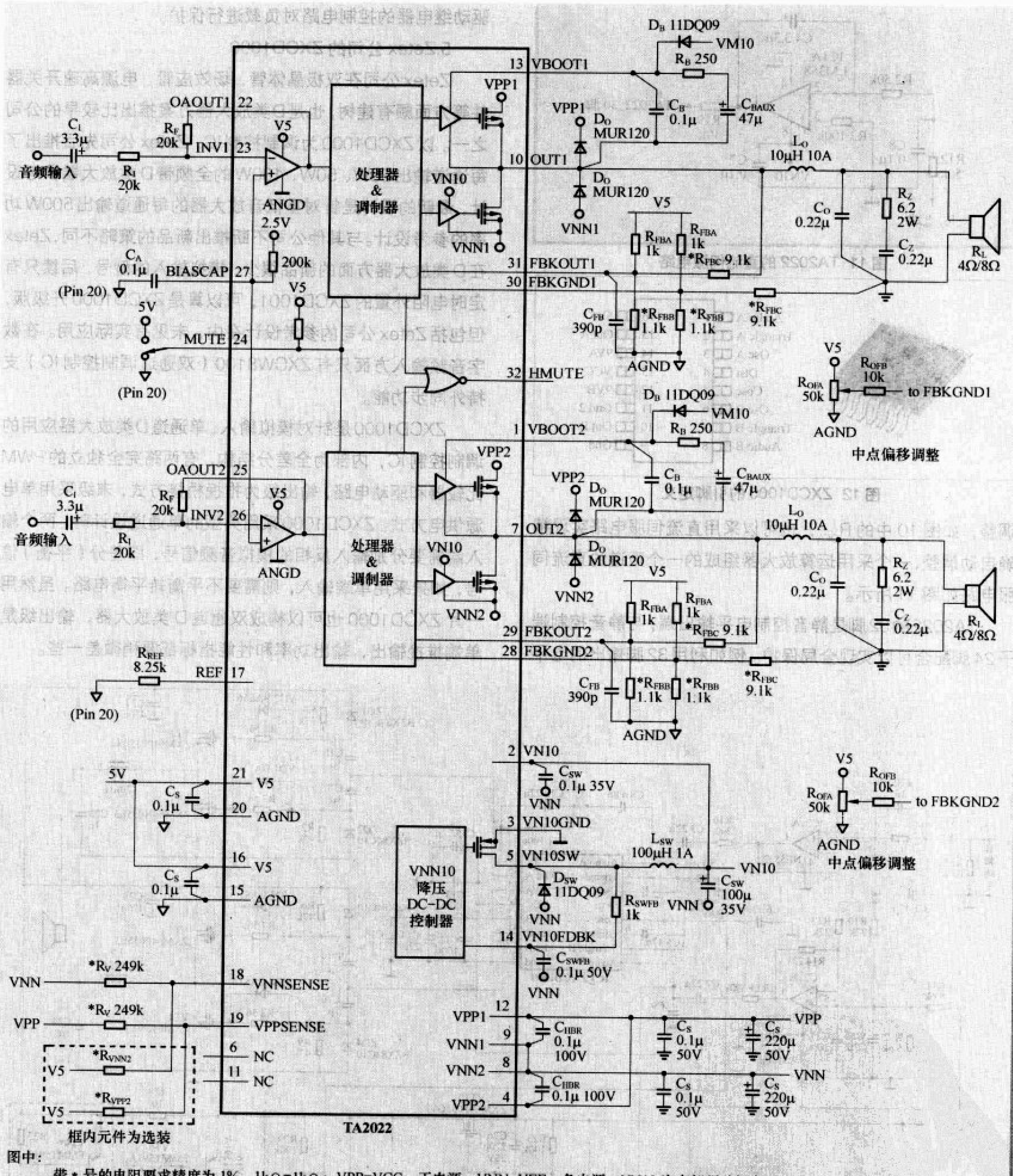


图9 TA2022的引脚定义图



图中：

带*号的电阻要求精度为1%，1kΩ=1kΩ；VPP=VCC，正电源；VNN=VEE，负电源；VN10为内部驱动级电源；
电路电压总增益由下式计算，增益的单位是V/V：

$$A_V \approx -\frac{R_F}{R_I}\left(\frac{R_{FBC}\times(R_{FBA}+R_{FBB})}{R_{FBA}\times R_{FBB}}+1\right)$$

图10 TA2022的典型应用原理图

全部与功率地连接，外部电源至少需要有80mA的电流供给能力给TA2022的2脚（VN10输入端）。

输出直流偏移主要由输出反馈端的电阻R_{FBA}、R_{FBB}、R_{FBC}决定，一般应用中可以通过外接一个可调电阻进行手工精确

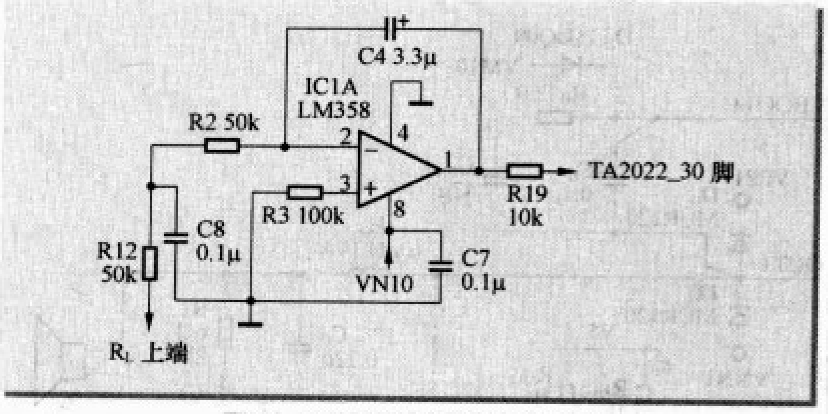


图 11 TA2022 的直流伺服电路

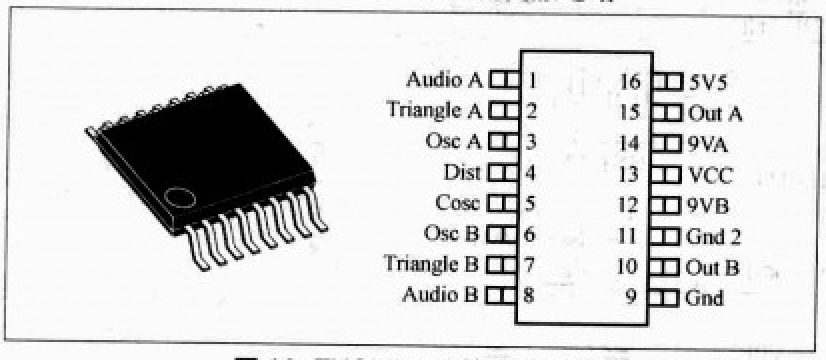


图 12 ZXCD1000 的引脚定义

调整，如图 10 中的 R_{OFA}，也可以采用直流伺服电路实现精确自动调整，一个采用运算放大器组成的一个声道的直流伺服电路如图 11 所示。

TA2022的32脚是静音控制电平输出端，与静音控制端子24脚配合可以实现全局保护。例如利用32脚输出的电平驱动继电器的控制电路对负载进行保护。

5.Zetex 公司的 ZXCD1000

Zetex公司在双极晶体管、场效应管、电源高速开关器件等方面颇有建树，也是D类放大器方案推出比较早的公司之一。以ZXCD1000为调制控制IC，Zetex公司先后推出了每通道输出25W、50W、100W的全频带D类放大器参考设计，最新的设计是针对重低音放大器的每通道输出500W功率的参考设计。与其他公司不断推出新品的策略不同，Zetex在D类放大器方面的新品很少，模拟输入的型号，后续只有定时电阻外置的ZXCD1001，可以算是ZXCD1000升级版，但包括Zetex公司的参考设计在内，未见有实际应用。在数字音频输入方面只有ZXCW8100（双通道调制控制IC）支持外同步功能。

ZXCD1000是针对模拟输入、单通道D类放大器应用的调制控制IC，内部为全差分结构，有两路完全独立的PWM比较器和驱动电路，输出级为推挽桥接方式，末级采用单电源供电方式。ZXCD1000采用典型的单通道设计时，两个输入端需要分别输入反相的模拟音频信号，即差分（平衡）信号，如果采用单端输入，则需要不平衡转平衡电路。虽然用一片ZXCD1000也可以构成双通道D类放大器，输出级是单端推挽输出，输出功率和性能指标都要稍微差一些。

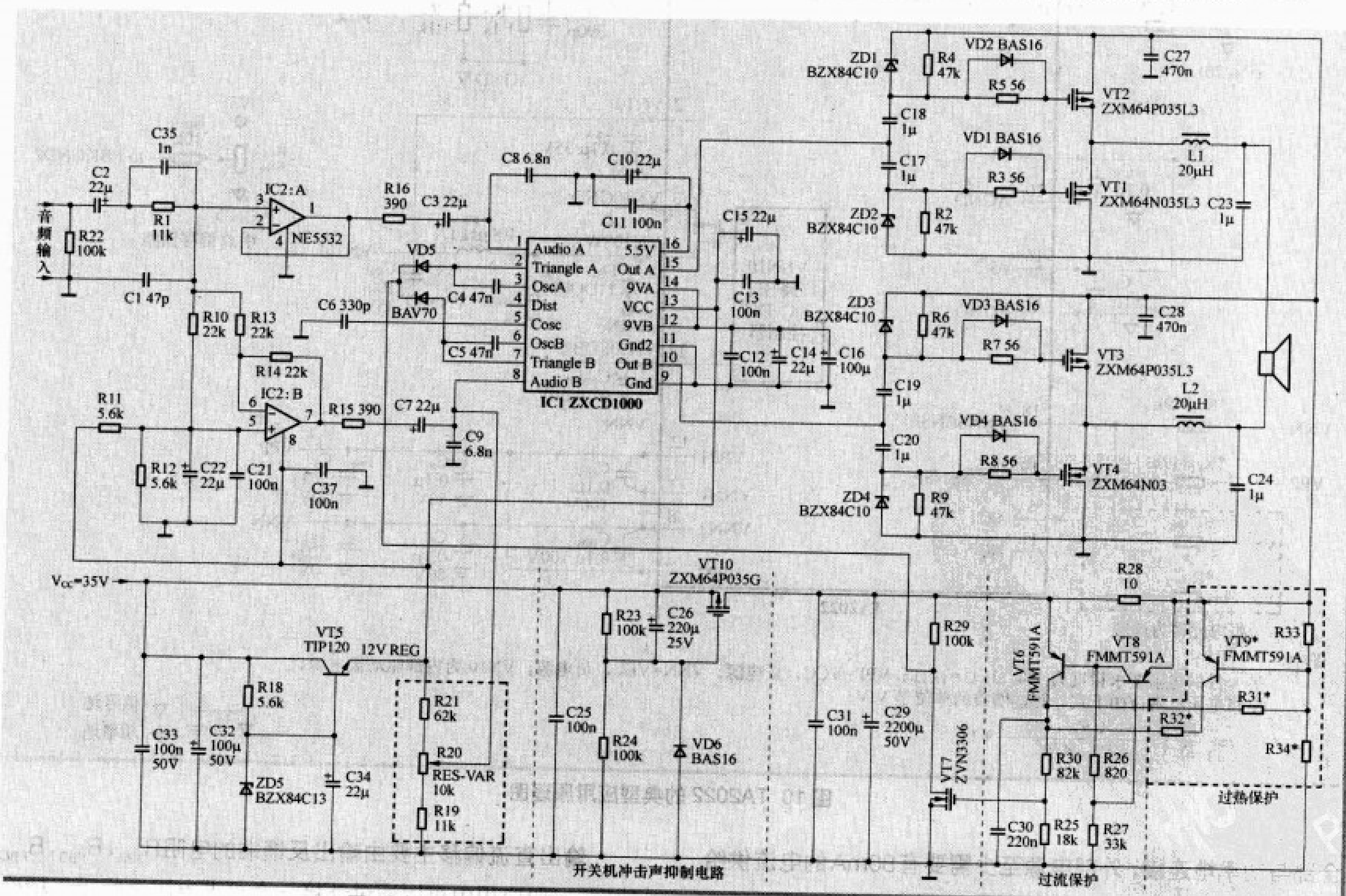


图 13 以 ZXCD1000 为核心构成的 100W 的 D 类放大器电路原理图

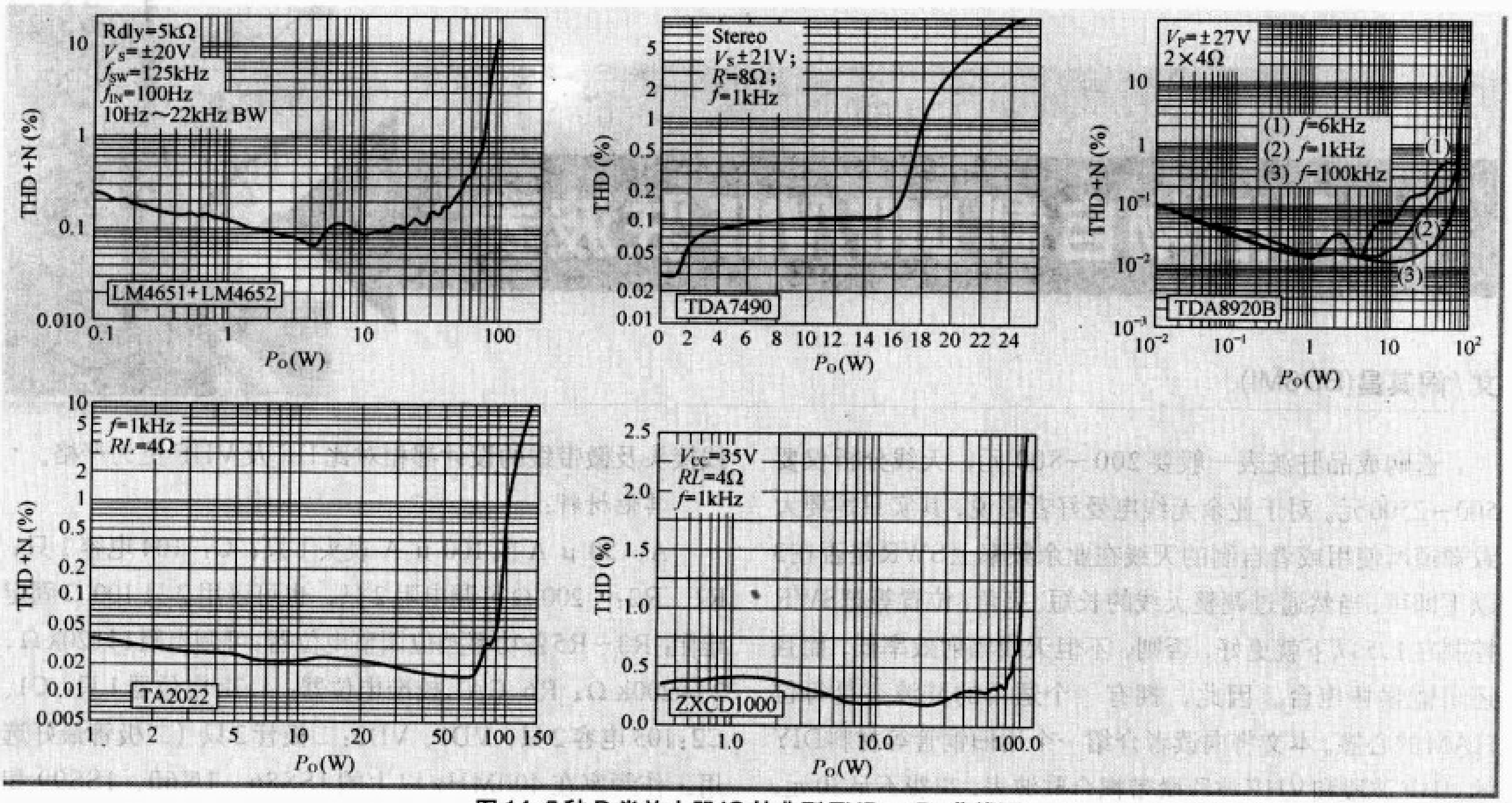


图14 5种D类放大器IC的典型THD—P_O曲线图

图12所示的是ZXCD1000的引脚定义和外形图，图13所示的是一个100W的全频带D类音频功率放大器，单通道设计。

ZXCD1000没有集成相关的保护控制电路，保护电路需要另外设计。图13中已经用虚线框标识了过流、过热保护电路和开关机冲击声抑制电路。保护功能是通过将ZXCD1000的三角波振荡输出信号（3、6脚）短路到地实现的。5脚是ZXCD1000的定时电容端子，改变5脚外接的电容就可以在一定范围内调整内部三角波振荡器的频率。双运算放大器U2(NE5532)构成单端不平衡转平衡信号的电路，两个运算放大器分别接成同相、反相放大器的形式，模拟音频信号分别从一个运算放大器的同相输入端（3脚）和另一个运算放大器的反相输入端（6脚）输入，完成单端→平衡的转换，然后分别输入ZXCD1000的1脚和8脚。输出级为分立元件，由Zetex公司自家生产的VMOS构成，N、P沟道互补推挽输出，与常见的采用同极性VMOS组成的半桥结构相比，这种形式不太常见，采用其他型号的VMOS代用也不太容易，因为不同极性的VMOS的特性差别比双极性晶体管更大，配对也更困难。

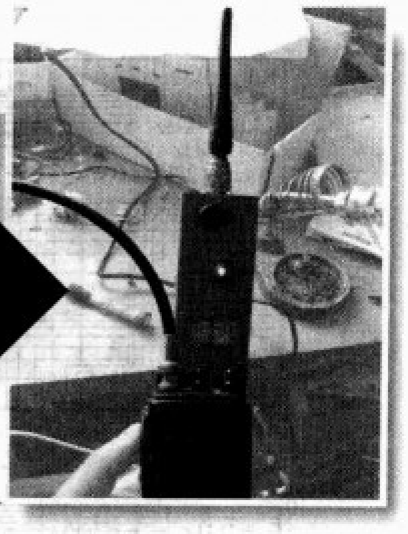
图13所示电路采用开环设计，这在D类放大器中是不太常见的。“负反馈”是模拟放大器的法宝之一，如今“负反馈”越来越多的被应用到D类放大器的设计之中。Zetex公司宣称将要推出一种以“Class Z”命名的新型D类放大器，核心技术是“Direct Digital Feedback（数字直接反馈）”，负反馈环路采用基于高速DAC(数字模拟转换器)的数字反馈来改善D类放大器在大输出功率条件下的失真度指标。“Class Z”与Tripath公司的“Class T”似乎是异曲同工。

本文介绍了5种D类放大器IC的特点与应用，其性能参数的比较见附表和图14。附表中的所有参数都是典型值。相关条件不同，参数值也会不同，例如输出功率与电源电压、THD密切相关，效率与输出功率密切相关等。因为各厂商的测试条件不完全相同，因此参数比较只具有一定的参考意义。

D类功率放大器蛰伏了近20年才开始发力，环保的因素有之（高效率小体积），技术成熟的因素有之（音质明显改善），市场的因素有之（规模效应带来的成本降低）。虽然它不太可能完全取代模拟音频放大器，但随着各方面的条件不断成熟，D类音频放大器是完全有可能与模拟音频功率放大器平分秋色的。

附表 5种D类放大器IC的主要技术参数（部分失真度指标为THD，未特别注明，除注明外，T_A=25℃）

型号	末级典型电源电压	输出功率		THD+N（典型应用）	SNR	PSRR	典型效率	封装形式	备注	制造商
		典型应用	BTL							
LM4651+LM52	±20V	125W×1@4Ω，1%	—	0.3% (Po=10W)	92dB	37 dB	85%	DIP28+TA15	两片组合	NSC
TDA7490	±16V	25W×2@4Ω，10%	40W@8Ω，1%	0.1% (Po=1W)	—	60dB	89%	Multiwatt15	单片	ST
TDA8920B	±27	86W×2@4Ω，10%	210W@6Ω，10%	0.02% (Po=1W)	—	50dB	85%	DBS23P	单片	Philips
TA2022	±31V	9W×2@4Ω，0.1%	150W@8Ω，0.1%	0.015% (Po=70W)	102dB	—	87%	SSIP32/HSOP24	单片	Tripath
ZXCD1000	35V	100W×1@4Ω，10%	—	0.4% (Po=1W)	—	—	90%	QSOP-16	分立元件末级	Zetex



用旧物自制UHF/VHF驻波表

文/阎其昌(BD8MI)

选购成品驻波表一般要200～800元，天线分析仪要500～2500元。对于业余无线电爱好者来说，其实只需要大致知道所使用或者自制的天线在业余频率上SWR是否在3以下即可，当然通过调整天线的长短、夹角、位置等把SWR控制在1.5以下就更好，否则，不但天线辐射效率低，而且还可能损坏电台。因此，拥有一个适用的驻波表是每位HAM的心愿。本文将向读者介绍一个用旧铜管等材料DIY的UHF波段和VHF波段微带耦合驻波表，花费不足30元。

一、驻波表的组成

驻波表主要由3个部分所组成：定向耦合器、检波器和电表电路。

定向耦合器电路的基本结构是在输入与输出端子之间，用一条与设计阻抗相匹配的微带线连接，然后在微带线的两侧，对称地设置两条有一定长度的耦合线，一条作为反向耦合器，一条作为正向耦合器。其基本形状如图1所示。

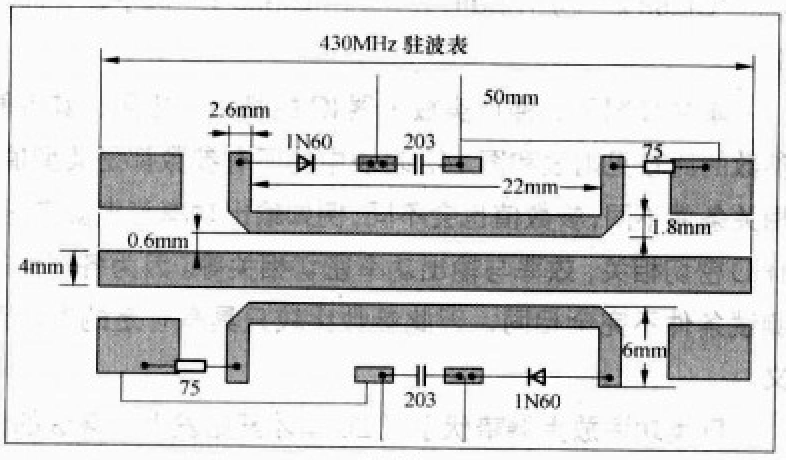


图1

微带线的特性阻抗与印制电路板的介电常数、板厚度及微带线宽度有关。靠近输入端口的检波器担负正向功率的检测，它对反向电能不敏感。靠近输出端的检波器也只检测反向传输的功率。实现这种定向检测功能要靠连接匹配负载后，仔细调节R的阻值来达到。也就是说，更换R的数值即可得到具有50Ω或75Ω特性的SWR表。

这种定向耦合器可以做成GHz的SWR表，但是这种方式的定向耦合器对频率敏感，因此只能窄频段使用。在UHF频段，对SWR表的传输特性要求较高，因此对同轴线接头及微带线的设计都相对比HF及VHF更为严格。

其他材料：

A：50μA或100μA表头1只；C：104电容1只；R1、R2：200Ω可调电阻2只，也可以用2只100Ω固定电阻；R3～R5各功率挡位调整电位器：可调电阻1只20kΩ，2只200kΩ；R6 CAL校准电位器：4.7k电位器1只；C1、C2：103电容2只；VD1、VD2：二极管2只（二极管最好选用工作频率在400MHz以上的1SS86、1N60、1SS99和2AP31J，一般常用在UHF波段专用的检波二极管效果更好，2AP30E、1SS106频率到2GHz都可以）；M型接头SL16-F2只，金属小盒1只，穿芯电容2只（可以不用），SW1正反向功率、驻波功能转换开关：2×2纽子开关2只，SW2功率挡位、驻波检测功能转换开关：2×3波段开关1只。

二、自制过程

首先根据所选外壳大小，截适当长度、直径为3mm～10mm的铜管，中间铜管长度是85mm，上下两根铜管长度是70mm，将它们固定在厚3mm、30mm×20mm钻有3个孔的两块胶木板上。孔的直径和铜管相同。三根铜管在同一平面上，且相距1mm～2mm，精度高一些。注意三条线一定要平行。

笔者找的外壳的尺寸是120mm×60mm×55mm，传输线部分用薄铜皮做1个屏蔽盒，2个检波二极管、2个100Ω电阻、2个电容均装在屏蔽盒中，中间铜管焊到2个M接头上去，屏蔽盒接地焊好，引线要短，接地就近焊在屏蔽盒上。注意，微调电阻不能用绕线的，否则注定失败。

做驻波表最大难点是耦合器的结构和耦合器与M座的连接问题。用覆铜板单独做了一个金属屏蔽罩，板子焊接在屏蔽罩内，板上焊正反向高频检波管和滤波电容，检测出的正反向电流通过两个穿芯电容引到屏蔽罩外。受外壳的结构限制，M座与中间铜管微带线最好采用镀银馈线连接，屏蔽层均匀地焊接在屏蔽罩外，做到M座入口到屏蔽线实现全屏蔽。馈线与中间铜管微带线连接部分屏蔽层与板子地、金属屏蔽罩焊接在一起。最好的处理是中间铜管突出12mm，直接焊接在M座中芯线上。

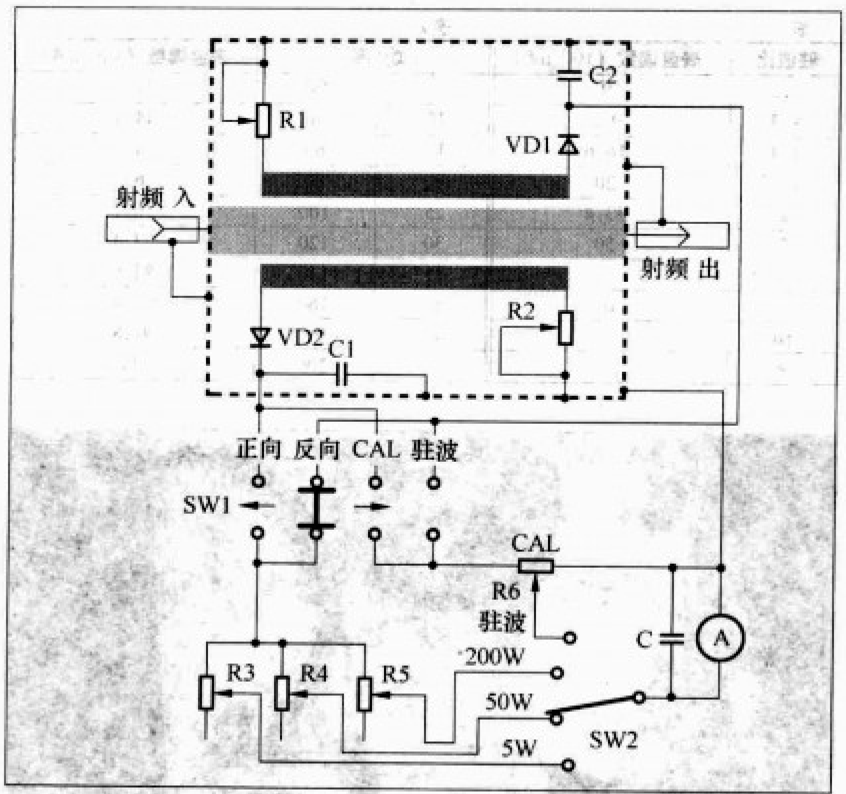


图2

驻波表重点要注意耦合器的定向性和正反向的对称性，测量功率部分是其次，必要时还可以省去功率挡位转换开关和各功率挡位调整电位器。大家可以根据个人手上的材料，灵活自制。

三、调试方法

UHF/VHF 波段的分布参数影响比 HF 波段大，尤其是UHF波段更要注意许多细节，原理没多大差别，而实际的结构很重要，比如接头的选择，接头与微带电路的连接工艺，微带部分的屏蔽等，校准也是很重要的，最好要有一只标准的匹配负载，不能串联两块表来比较功率和驻波，尽管在 HF 波段还可以这样，但在 UHF/VHF 波段是不行的。

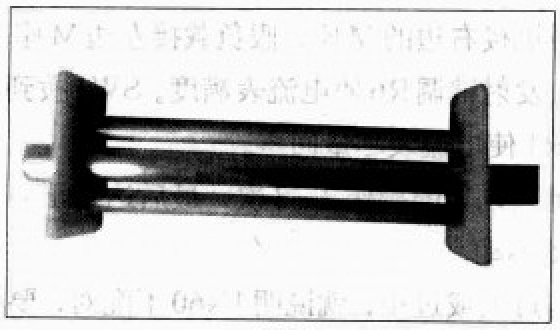


图3

如果一时没有 50 Ω假负载，可以采用 1W 左右的小功率对讲机进行调试。其方法是：

（1）将2只微调电阻先调到100 Ω。

（2）将发射机接在左边的M座上，在右边的M座上不接任何假负载。SW1拨到正向，按发射钮，调整R6使电流表在50%处。将SW1拨到驻波，按发射键调整R2，使电流表尽量在50%处。将发射机接右边的M座，左边M座不接假负载。SW1拨到驻波，按发射键调整R6，使电流表在50%处。SW1拨到正向，按发射键调整R1，使电流表尽量在50%处。

（3）重复以上的操作2～3次，最后达到正向和反向表针都在50%处。

（4）若过大或过小，就说明检波二极管不配对，要更换其中一只，更换后还要重复（1）、（2）、（3）项的调整，直到完全一致。

如果有一只标准的50 Ω假负载，其调整方法是：

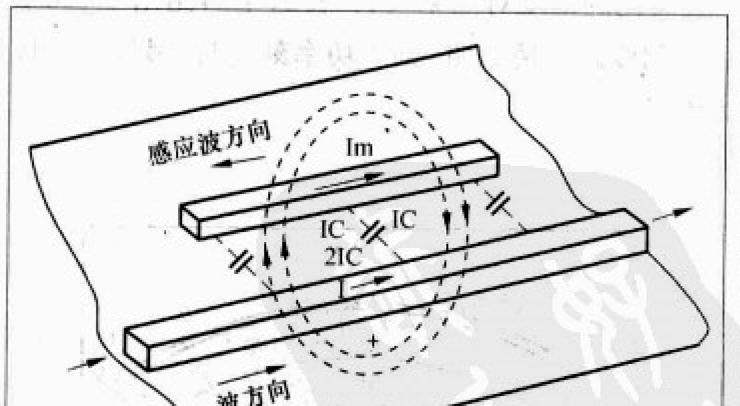
（1）将2只微调电阻先调到100 Ω。

（2）将发射机接在左边的M座上，假负载接在右边的M座上，SW1拨到正向，按发射钮，调整R6使电流表满度。将SW1打到驻波，按发射键调整R2，使电流表尽量回

微带耦合器原理

在超高频频段，由于分立组件不可避免地存在有引线电感和分布电容等杂散参数的影响，使得SWR的准确度和频率特性变坏，而不能使用，因此在 VHF 及 UHF 频段中，则可以采用同轴结构或微带线方式的分布参数电路来实现定向耦合器。

在一导电平面上排列两条平行导体，如图a所示。主导体上的电流 I，将在检测导体上感应一个电流 I_m，电流的实际值与检测导体的外电路有关。两导体之间由于还存在电容耦合，形成第二部分电流比。其结果是在主导体内产生向右的正向波，将在检测导体中产生向左传播的波。由于此感应出来的波与正向的波方向相反，故此种耦合称为反正耦合 。因此在检测线的左方，用二极管可检测到输入电压。反之，如果从右方传来反射电压，则可用在右方的二极管检测到反射电压。目前 VHF 以上的 SWR 表皆采用此种方式。



图a

零。将发射机接右边的M座，假负载接左边M座。SW1拨到驻波，按发射键调R6使电流表满度。SW1拨到正向，按发射键调R1使电流表尽量回零。

（3）重复以上的操作2~3次，最后达到正向满度，反向表针一动不动。

（4）若过大或过小，就说明1N60不配对，要更换其中一只。更换后还要重复（2）、（3）、（4）项的调整，直到完全一致。

（5）至此，检测部分完成了，这时将假负载换成一个100Ω的金属膜电阻（当然有100Ω的假负载更好），测量驻波应在2左右。

反向不能调到零（其实不一定能真正到零），说明定向性差，用反接反向读数和正接反向读数的比取对数乘20，即可反应反向耦合器的定向性。反向耦合器对驻波测量的影响是主要的，一般要到25dB以上，功放保护部分的耦合器没有太高要求，检波用的二极管的高频性能很重要，如结电容、正向压降、反向击穿电压等。接头用的是M座，标准匹配负载应该是N型、Q型公头，M头的在UHF波段就比较差了，内部铜管线连接，在标准匹配负载时问题不大，但对于用不同的接头，就容易失配，UHF波段会产生很大误差。必要时可以把部分铜管进行对换或者移动位置，使耦合器的定向性和正反向尽量对称。

接下来还需要绘制表盘刻度，我们可以在网上下载驻波表盘，也可在本期杂志配刊光盘中本文目录下找到图4，根据自己表头大小打印。在做表盘前，重要的一点是对驻波／功率计进行调试和校对，可参考附表资料。

笔者在国内的刊物中没有找到定度的规律，驻波比是一函数的关系，在表盘的指示是不均匀的变化，刻度是非线性的。驻波比的刻度对比见表1、表2，图4给出了100μA表的表盘刻度画法请参照。刻画功率刻度时，最好以一块标准表为参考。

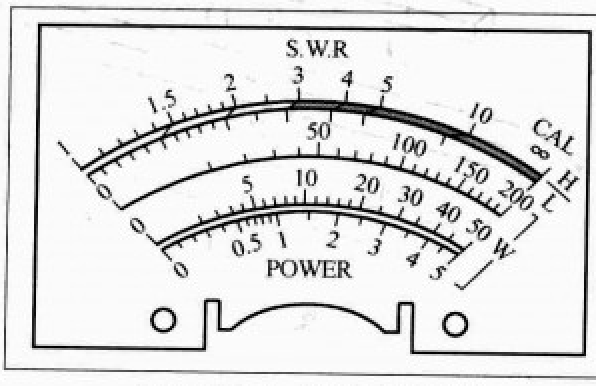


图4 100μA表盘刻度画法

四、使用情况

把做好的驻波表接到现有的天线，正向调R6到满刻度，反向就为该天线的驻波。

表1

驻波比	表盘读数（100μA）
1.2	9
1.3	9.1
1.4	16.6
1.5	20
2	33.4
3	50
4	
5	63
10	
∞	100

表2

功 率		表盘读数（100μA）
5	20	31.6
10	40	44.7
15	60	54.7
20	80	63
25	100	70.7
30	120	77.4
35	140	83.6
40	160	89.4
45	180	94.8
50	200	100

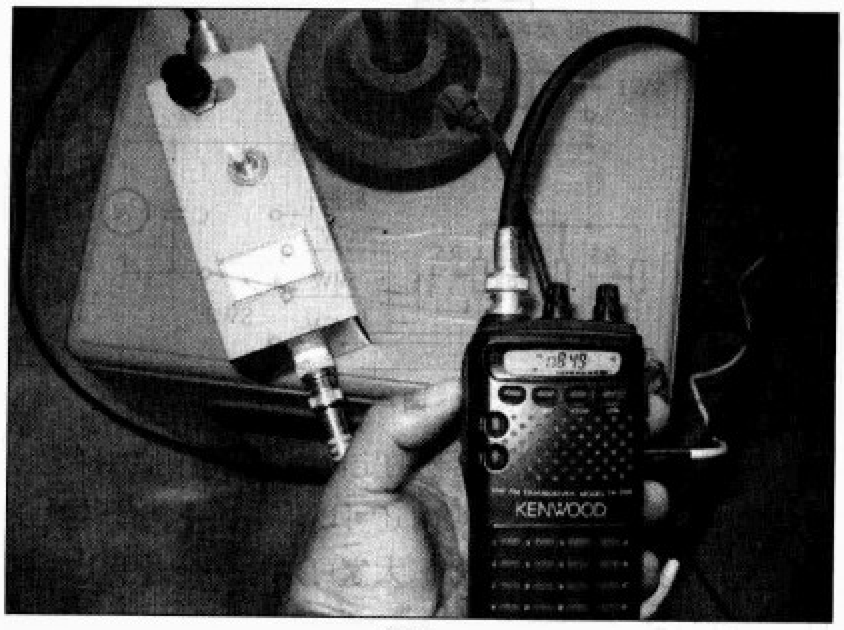


图5

笔者把驻波表接到8楼顶上的2.4m自制双段GP天线，测量430MHz驻波为1.2，145MHz驻波为1.1。成品车载1m长天线140~150MHz驻波均为1.1~1。

笔者用自己现有几台电台和对讲机的输出功率为基准，大概校了一下功率挡，见图5。例如：输入一标准5W的功率，可校5W挡；输入一标准50W功率，可校50W挡。中小功率挡效果不错，小功率挡 1.5W时接近1/2刻度，4W时接近满刻度。中功率挡11W时1/2刻度，45W时接近满刻度。用TM-231A大功率挡50W时指示为45W，25W时指示为23W左右。把TH-48A充足电（8.4V），用自制的J型天线，最大输出功率约3W。

DIY驻波表不仅节省了资金，更重要的是锻炼了我们动手的能力，使我们学到了无线电通信相关的知识。当你用这块自制的仪表检测自己或者其他HAM的各种天线和设备工作状态时，摆动的表针让我们知道天线系统相关的变化规律，很快就可以把驻波比调到最低，这也显示出我们DIY的能力，而使我们有一种自豪感。此时以往的辛劳就化成了无比的喜悦！

DIY的乐趣就在于非专业条件下，做尽可能专业的东西，不断试验，不断失败，不断摸索，成功了最好，不成功，也乐在其中。祝HAM们自制成功！

固定电台常备配件选购谈

文/杨 法（BD4AAF）

固定台常见于短波波段的机器，其选配件比较多，通过增加选配件可以提高设备的性能，常见的选件有天线调谐器、功率放大器、高稳定度晶体、滤波器、DSP组件、扬声器、天线开关、电源、台式话筒等。

1. 天线调谐器

天线调谐器的作用是匹配发射机与天线的阻抗，使反射能量减少以保护发射机，在很多情况下也可以改善天线的发射效率。谐振型的短波天线很难完美覆盖各个短波工作频段，所以通过天调可以解决这个问题。按照天调的控制方式有自动天调和手动天调之分，自动天调可以自动与短波电台协同工作，自动完成调谐。而手动天调则需要人工参考驻波比表反馈参数来调节操作，显然自动天调操作起来更为方便快捷。一般短波电台原厂设计给用户作为选件使用的都是自动天调。手动天调大多是第三方公司出品的通用型天调，有些手动天调可以承受很大的功率，是使用功率放大器设备用户的首选（图1）。

图1 手动天调

自动天调有机内天调（也称为“内置天调”）和机外天调（也称为“外置天调”）。机外天调还分室内天调和室外天调。机内天调大部分是专用的，安装于短波电台内部预留的空间，实际上等于增强了原机的功能。机外的自动天调大部分也需要通过数据电缆与短波电台连接实现自动联机调谐，这也增加了天调的专用性。少数通用型机外天调则免除了数据线，自动判断工作波段。常见的室外型自动天调有ICOM AT-120/130 AH-3/4，这类外观为一个密封的塑料盒的天调都属于室外长线型天调，其优点是天调本身防水，可以在户外直接安装，安装非常简单，只要在天调的输出瓷柱上连接一条电线（需要有一定长度）并接好地网即可，一般无需过多调整，而且由于天调与发射振子非常接近，所以总体效率也比较好。这种室外长线天调本来是设计给商用电台快速架设使用的，如果无线电爱好者要把它安装到室内并通过电缆引出去，调谐业余电台常用的倒V、正V、八木天线则需要自己动手改造一番。桌面型的自动天调才更适合业余电台爱好者使用，如KENWOOD AT-50、ICOM AT-500。

*友情提示：有了天调并不能万事大吉，忽视了天线的架设，包括无限制地缩小天线尺寸。即使天调有效地控制了驻波比，也并不一定意味着有较好的发射效率，只能说发信设备端比较安全，反射回来的功率很小而已。驻波比小的自然谐振天线才是我们追求的终极目标。

2.功率放大器

功率放大器顾名思义就是专门用来提升电台输出功率的设备（图2）。通常各品牌的旗舰短波机都有同品牌的功率放大器可供搭配，市场上也有很多第三方公司出品的功放可供选择。经典短波机配上千瓦级功放再加上天线阵是短波火腿的终极装备。

图2 功率放大器

功率放大器按照功放元件的类型有固体功放（多采用晶体管和场效应管）和电子管功放。固体功放通常体积比较小，低电压下就能工作，但价格高。电子管功放技术成熟、成本相对较低、抗过载能力强，容易制造超大功率型产品。市场上还有一些私人DIY性质的功放，其中有些用的工业高频热塑设备的功放板改制，价格便宜是这些产品的优点，但很多产品都只注重输出功率大小，却忽视了控制杂波发射，很容易干扰其他通信和电器，所以性能优良的输出滤波也是衡量功率放大器的重要指标，否则功放一用起来，邻居家的电视机屏幕就会出现一片雪花，这样的产品你敢用吗？

对于一些便携性的小电台，如FT-817、IC-703等，如果配上一个100W的功放在固定场所使用，使用效果绝对不

亚于普通100W的固定短波台。

友情提示：在业余电台活动中并不提倡长时期使用超大功率。一方面使用者必须遵守无线电管理机构的规定使用电台执照核准的功率，另一方面长时间接触高强度的电磁辐射对人体健康也是不好的。很多老HAM和集体业余电台只有在比赛和呼叫稀有DX电台时才使用较大的功率。

3.高稳定度晶体

业余电台在短波波段常用的SSB通信模式属于窄带通信，对频率的准确度要求较高，100Hz的偏差足以引起听觉上的差异。晶体振荡器输出频率的准确度与制造精度有关，而稳定度与温度变化有关。由于电台使用的环境温度无法预知，而且电台在连续发射后整机温度上升很难避免，所以环境温度的变化将直接影响晶体振荡器的输出稳定度。为了提高晶体振荡器的输出稳定度，所以我们有必要采用TCXO(温度补偿晶体)甚至稳定性更好的OCXO（恒温晶体）。一般限于成本，只有高档的专业短波机才会标配或选配价格不菲的OCXO（图3），OCXO更多地用于高档仪器。相对便宜的TCXO在大部分中档业余电台中也是选配件，使用后电台的输出频率稳定度将大为改善，轻松应付SSB通信的需要，彻底解决用户在使用中感觉到频率“发飘”的问题。

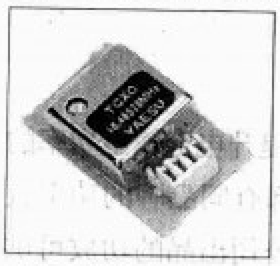


图3 高稳定度晶体

4.滤波器

业余电台常见的滤波器（图4）有SSB 2.4kHz/−6dB标准、3.3kHz/−6dB宽、1.8kHz/−6dB窄带滤波器，CW 500Hz/−6dB、CW 250Hz/−6dB窄带滤波器（不同的机型有所不同)。滤波器将大大提升电台接收的选择性，比较适合在比赛和拥挤的电波环境中使用，实际使用中窄带的CW效果很明显，如果你是CW通信爱好者，那么窄带的CW滤波器绝对值得拥有。普通的SSB滤波器效果一般，选件的滤波器价格比较贵，一般适合通信发烧友或者有特别应用需要的朋友根据应用需要选购。整套的选用一般没有什么必要，购买一套滤波器的费用完全够你选购更高一档次电台的差价。

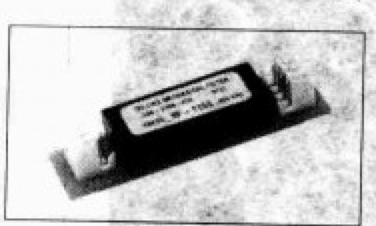


图4 滤波器

5.DSP组件

DSP（图5）是新时代短波机的标志性技术。DSP的性能优劣主要与DSP芯片的处理能力和软件编制有关。DSP用于短波电台和接收机有多种切入点，作为初级应用就是音频AF DSP处理功能，高档一点的还有中频IF DSP处理功能。目前常见的作为选件的DSP组件，如配合IC−706、718和FT−897、857的DSP组件，都属于音频DSP处理档次，通过DSP音频处理对高音和低音进行衰减，起到降低噪声和提高语音清晰度的效果。选装DSP前要搞清楚该选件是否适合自己的电台。

图5 DSP组件

6.天线开关

如果你拥有多套天线，那么你就能通过天线开关来方便地实现切换（我们可以把它理解为天线选通器，见图6)，不再需要每次换天线都插拔馈线插头了。一般只有比较高档的短波机才内置有多天线切换器，普通的电台就要靠额外的天线开关来切换不同的天线。根据切换数量的不同，常见的天线开关有一切二、一切三、一切四、一切六等。选购天线切换器，切换数量、工作频率范围、最高功率承受、插入损耗都是需要考量的重要指标。

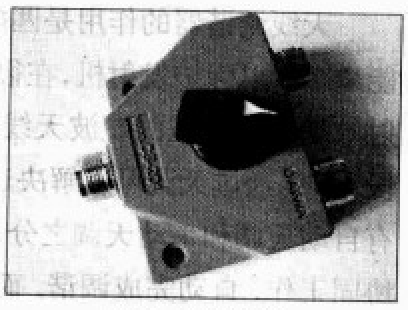


图6 天线开关

7.扬声器

短波电台的外接扬声器初级产品是利用较大口径的扬声器单元和音箱还原较好的音频（图7)，设计音箱时突出中音音域，有利于提升语音分辨率。中档的音箱内部增加了多级物理音频滤波电路，通过不同的高通低通电路组合对高音和低音进行衰减，同样可起到降低噪音和提高语音清晰度的效果。高档的音箱内部采用专用的DSP处理芯片，配合抗噪音声学模型起到降噪的作用，市场上也叫DSP降噪扬声器。

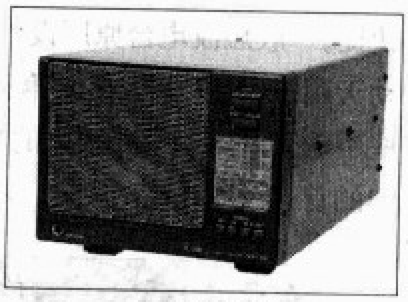


图7 扬声器

8.电源

这里指的选件电源，主要是一些电台内置的电源单元和电池单元，如FT−897D配用的FP−30电源。使用内置电源的主要优点是节省空间，适合空间不大的用户，而且内置电源是原厂按照短波通信电源要求生产的产品，品质有保证。电池单元主要是针对一些便携机种，如FT−817、FT−897D之类的。

9.台式话筒

一般的短波机都配手持话筒，如果要让你的工作台看起来更气派一点，那么台式话筒（图8）是不二的选择。高品质的台式话筒往往提供更高品质的音质和更方便的操控性能，配合脚踏PTT，有时还能解放双手。

图8 话筒

自制通用型摩托罗拉车载对讲机录音中继控制器

文/刘 峰 白志强 蒋 锐

业余条件下要想搭建无线电对讲机中继，一般至少需要一台接收机和一台发射机，再加上双工器以及收发天线、连接馈线、供电电源等，不但所用器材多，而且设备安装繁琐，指标调整也很困难。采用成品基地台中继，虽然省却了不少麻烦，但价格昂贵，而且大多数机型都显得粗大笨重，一旦需要移动位置既耗时又费力。可现实生活中往往又离不开这样移动的临时中继台，比如发生洪水、地震、飓风等自然灾害，或者出现森林大火、高山雪崩、毒气泄漏、建筑坍塌等重大伤亡事故，日常的基础通信设施容易遭到破坏陷入瘫痪，此时利用便携式移动中继快速建立应急通信系统就成了首要任务。下面笔者给大家介绍一款录音中继控制器，配合常见的摩托罗拉车载对讲机单机系统，就能构成一台小巧的车载录音中继，必要时只需将车开到四周开阔、远近适中的制高点，与其他对讲机一起即可马上组成一个高效的远距离通信网络。

该录音中继控制器适用于摩托罗拉GM300/M120/SM50/SM120/GM950系列车载对讲机，电路结构十分简洁，整体组成如图1所示。其核心芯片采用了ISD1420单片20秒高保真语音录放电路，这是美国信息存储器件公司推出的优质产品，由于使用的是CMOS技术和先进的直接模拟存储方式，录放音质较好，能直接推动扬声器发声，录放操作结束后自动进入节电模式，反复录放可达10万次，断电语音信息保存时间长，功耗低，单电源4.5V~6.5V供电，静态电流仅为0.5μA，同时具备脉冲与电平触发放音功能等优点，正因如此才真正确保了录音中继控制器电路高可靠的稳定性。

工作原理

当摩托罗拉车载对讲机接收到其他对讲机呼叫时，如果呼叫对讲机的发射亚音与摩托罗拉对讲机的接收亚音一致，摩托罗拉对讲机扩展接口的第8脚，即载波检测脚，就会由高电平变为低电平，该低电平加在三极管VT1的基极使其饱和导通，此时已经充满电的电容C1就会经VT1的ec结及电阻R2迅速放电，很快使芯片ISD1420的27脚由高电平变为低电平，录音片开始录音，录音信号源取自摩托罗拉对讲机扩展接口的第11脚（即鉴频输出脚）的接收音频信号，经电容C3、电阻R8送入录音片20脚，与此同时录音指示灯红色LED1点亮。呼叫方讲话结束松开PTT键后，8脚又变回高电平，三极管VT1重新截止，电容C1就会经电阻R4、R2再次充电，芯片27脚很快恢复为高电平，录音结束。由于C1充电时充电电流在R2上形成一个较高电压，使得VT2饱和导通，已经充满电的电容C2经VT2的ce结迅速放电，芯片的24脚变为低电平，随着C1充电进行，R2上电压快速降低，很快VT2截止，C2又经R6充电，充电结束24脚就又变为高电平，这样24脚电压先由高变低，又由低升高，相当于施加了一个触发脉冲，录音芯片开始放音，其15脚输出的音频信号作为回放内容，经C4、RP从扩展接口的2脚话筒音频输入端送入车载对讲

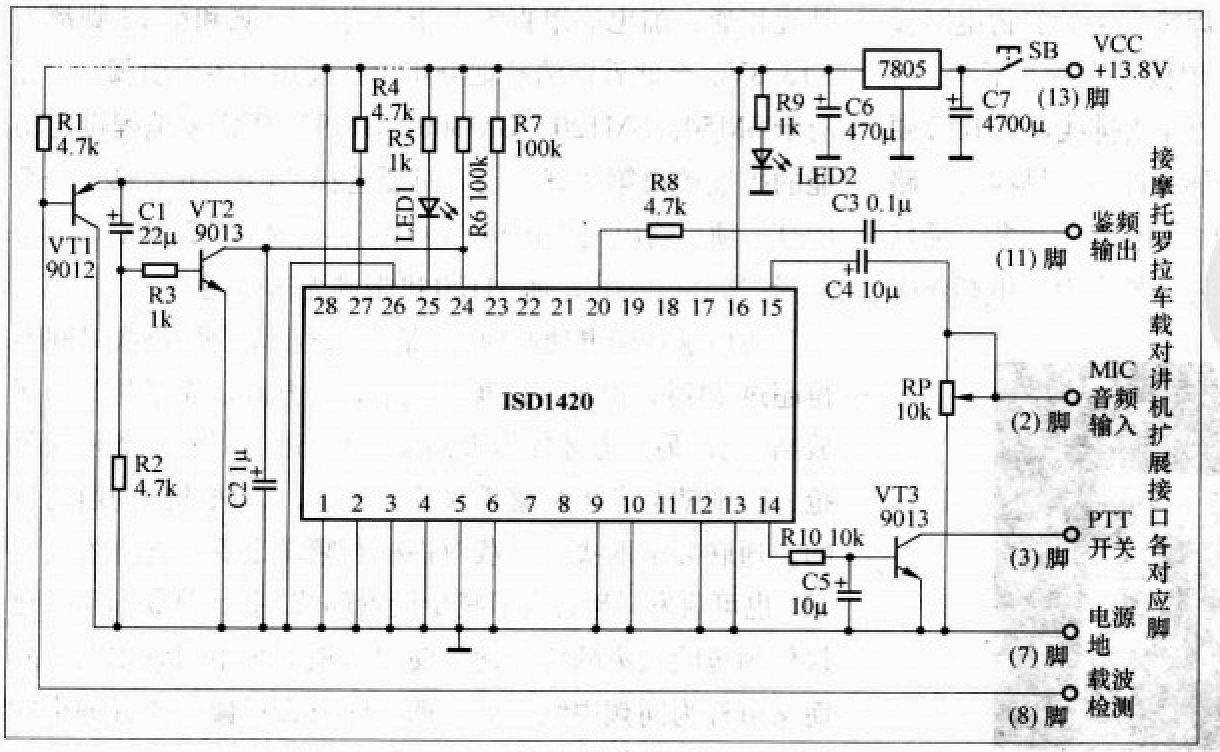


图1

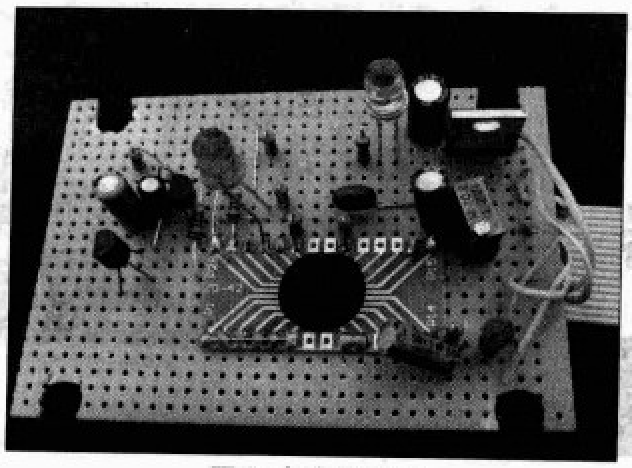


图2 电路板正面

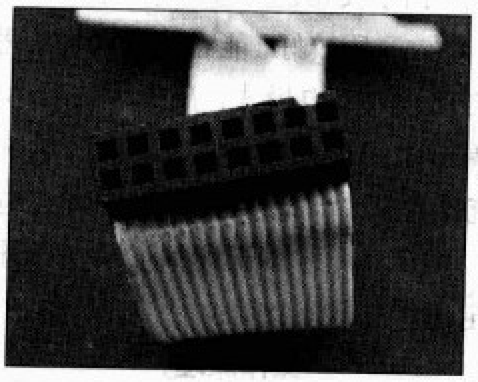


图3 用IDE硬盘线改制的连接排线

机，同时芯片14脚输出的信号作为发射控制信号，经R10送出，并由C5滤除干扰后，使得三极管VT3饱和导通，PTT开关接地，摩托罗拉车载对讲机开始对外发射。放音结束后，14脚控制信号消失，发射停止，整个中继电路进入等待状态。C6、C7及三端稳压集成块LM7805构成降压供电电路，供电电源取自扩展接口第13脚，即经过车载对讲机开关控制的+13.8V直流电源，此电源对外输出电流最大为500mA，已足够录音中继控制板工作使用，R9和绿色发光二极管LED2作为电源指示，扩展接口第7脚接地。

录音中继控制器的所有元器件没有任何特殊要求，电解电容耐压值选16V的即可。组装焊接完毕的实物电路板如图2所示，由于采用元器件较少，焊接工作量并不大。与摩托罗拉车载对讲机扩展接口连接的插头排线可用IDE硬盘线改制，如图3所示，预留16个插孔即可，排线与电路板有6根线相连，如图4所示。为绝缘和保护电路板，最好找一个合适的塑料外壳，把电路板装入外壳内并用螺丝固定好，如图5所示。最后将录音中继控制器与摩托罗拉车载对讲机相连，连好的最终效果如图6所示，开关SB可引出并固定在塑料外壳上，平时SB断开，车载对讲机仍可作为单机使用，作中继时只需将SB闭合即可。录音中继控制器的排线与扩展接口连接时务必注意方向，方向不对引脚顺序就会错乱，录音中继控制器也就不能正常工作。判断扩展接口引脚顺序的简便方法：引脚分上下两排，每排8脚，共16脚，1……15单数脚为一排，2……16双数脚为一排，在对讲机不加电的情况下，用万用表电阻挡测7脚与机器金属外壳相通，加电后用直流电压挡测第10脚和第13脚都为+13.8V，至此就能清楚地分辨出扩展接口各个引脚。另外对于SM50、SM120、GM300、GM950等需要编程设定功能的扩展接口第8脚，设定时要选择“PL/DPL & CSQ DET”项，输出电平选择“LOW”，同时ACC.RX Audio选择“Unmuted”，而M120机型则无需设定。

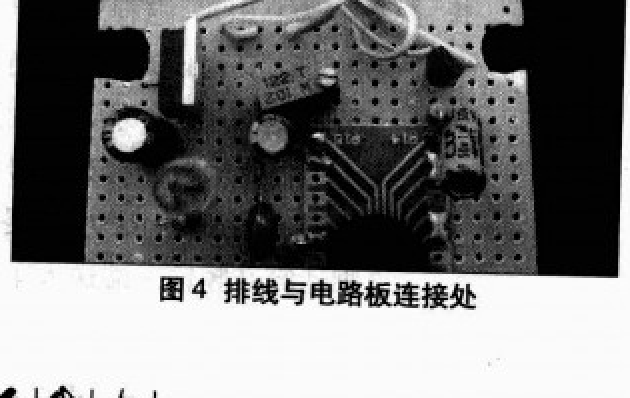


图4 排线与电路板连接处

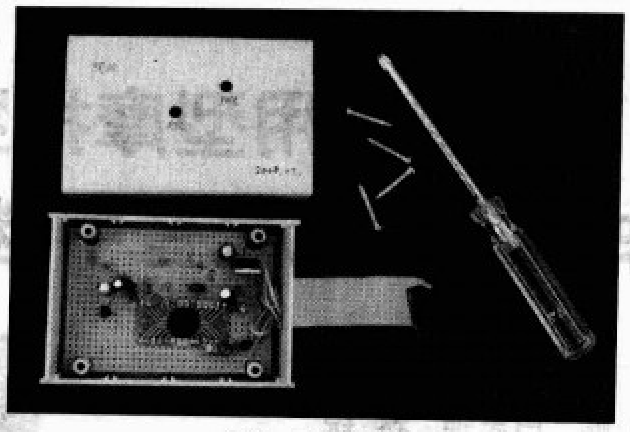


图5 压好排线

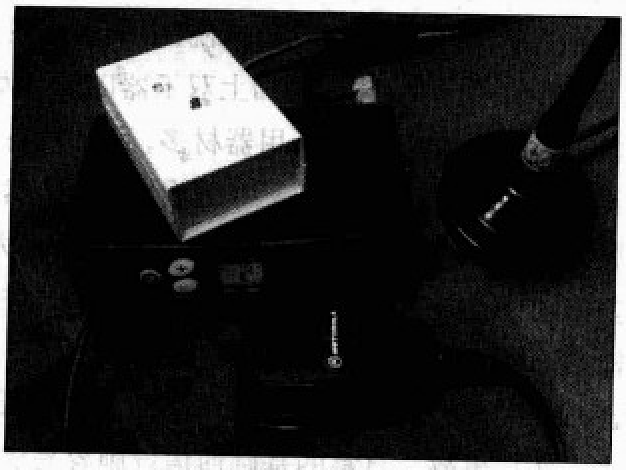
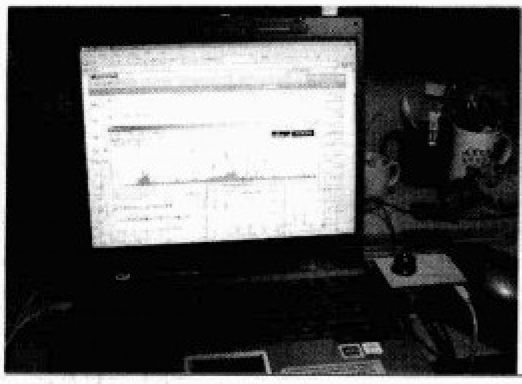


图6 连接好后的最终效果

使用录音中继通联时，讲话力求言语简明，每次时间不得超过20秒。由于不是实时通信，一方讲话完毕并等到回放结束后，另一方才能接着回复讲话，通话双方不能相互争抢，否则就会发生频繁丢失语句现象，无法达到沟通的目的。通联频率取决于车载对讲机的频率设置，既可收发同频，也可收发异频，为了减少设置环节，扩大通信范围，建议作为抢险救灾的应急通信使用时最好采用同频收发，故而又可称为同频中继。如果遇有回放音量偏大或者偏小问题，可通过调整音量输出电位器RP解决。



电脑+电路
——打造软件无线电接收机

文/林永春（BA5SBA）

软件无线电是一种通过软件实现部分硬件功能的无线通信方法，这种方法可以将宽带模数变换器(A/D)及数模变换器(D/A)尽可能地靠近射频天线，建立一个通用的、开放的硬件平台，在这个硬件平台上尽量利用软件技术来实现电台的各种功能模块。如通过可编程数字滤波器对信道进行分离，使用数字信号处理器(DSP)技术，通过软件编程来实现各种通信噪声的滤波，完成传送信息抽样、量化、编码/解码、运算处理和变换，实现射频电台的收发功能，实现不同的信道调制方式的选择，如调幅、调频、单边带、数据、跳频等，还可以通过软件编程实现不同的保密结构、网络协议和控制终端功能等。

本文介绍一款简易的软件接收机，它由自制的射频硬件电路、电脑声卡加上软件 Rocky 1.41 构成。

该软件接收机可以在工作的频率范围内发现任意信号的频谱，而不必转动调谐轮不停地搜索信号。轻点鼠标就可以接收你想要的信号，不会错过某一个信号。还可以适时录音，把你想要的信号保存下来。

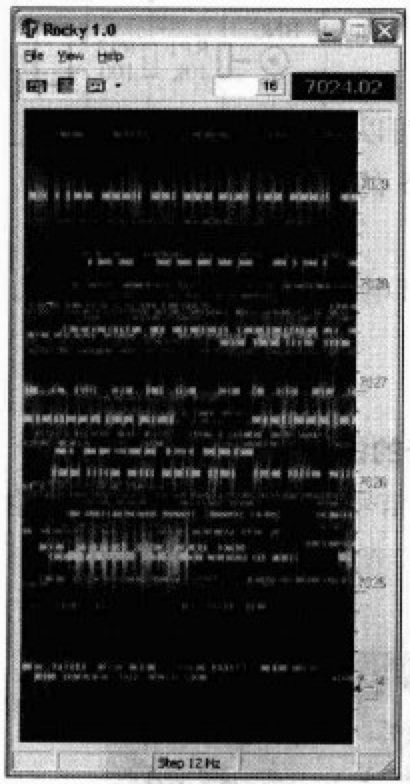


图1 在接收CW信号时，软件会以“瀑布”形式显示信号，使用者可以发现频谱内的任意CW信号，通过调整CW的接收带宽可以从中接收任何一个你想要的信号，滤除你不想听到的干扰！具体的接收效果可参见本期配刊光盘里的效果演示。

电路原理

这款接收机的硬件部分的电路如图2所示。BNC是天线接口，7MHz信号经过10kΩ的电位器和100Ω的电阻组成的衰减器（最大衰减30dB左右），防止信号过强引起前级混频器NE602过载。然后信号进入由T1、T2组成的带通滤波器，滤波后的信号进入NE602，同B1（11.0592MHz）混频后变为4MHz的中频，经过B1和IC4构成的移相检波电路检波后，变成R、L两个声道，两个声道的频率、幅度都相同，只是相位相差90°。然后经过IC3的放大输出，送入电脑声卡的线路输入部分作(A/D)模数转换，然后通过运行软件Rocky 1.41，对信号进行滤波，解调还原成信号。

B3经IC5构成的振荡、整形后，输出16MHz的方波，由IC6、IC7、IC8构成的分频、移相电路后，产生4个互差90°的控制信号，供B1和IC4构成的移相检波电路使用。

本电路的供电分为两种：一种是使用电池供电，由IC9提供稳压；另一种是使用USB接口供电，用VT1来进行有源滤波。

VT1为连接USB供电使用，使用电池供电时其C、E脚短路，R12、C26可不接。IC9为电池使用供电时用，使用USB供电时其1、3脚短路。笔者使用USB接口供电，没有使用IC9。

B1、B2为变频本振晶体。接收频率范围同采样率有关，在48kbit/s的采样率下使用11.0592MHz的晶体接收频率范围是7.035MHz~7.083MHz，在96kbit/s的采样率时接收频率范围是7.011MHz~7.107MHz。

如果改成使用11.025MHz的晶体，在48kbit/s的采样率下的接收频率范围是7.001MHz~7.049MHz，如果要改到其他波段的话还需要更换前面的带通滤波器。

硬件电路元件清单见本期配刊光盘。

安装调试

将元件安装到PCB板上时，需要注意电解电容的极性，不要装反。注意集成电路不要插反，电路板、集成电路上的半圆标志方向应一致（第1脚的焊盘为方形）。C15、C16为103的独石电容，不要使用普通的瓷片103。安装插座时也要注意方向。安装好后需要仔细检查，无误后可先测总电流，总电流应该在25mA左右，如果电流很大，则可能有安装错误的地方或者短路。如果正常，用双声道音频电缆连接到声卡的线路输入接口、USB线插入USB接口取电，连接上接收天线，将旋钮调到最小，具体的软件设置参照后面的软件使用说明。设置好后，就可以收到声音了。将B1的跳线断开，看看软件界面屏幕有没有反应，如果没有反应，请检查IC2（NE602）是否焊反，如果有反映，但还是收不到

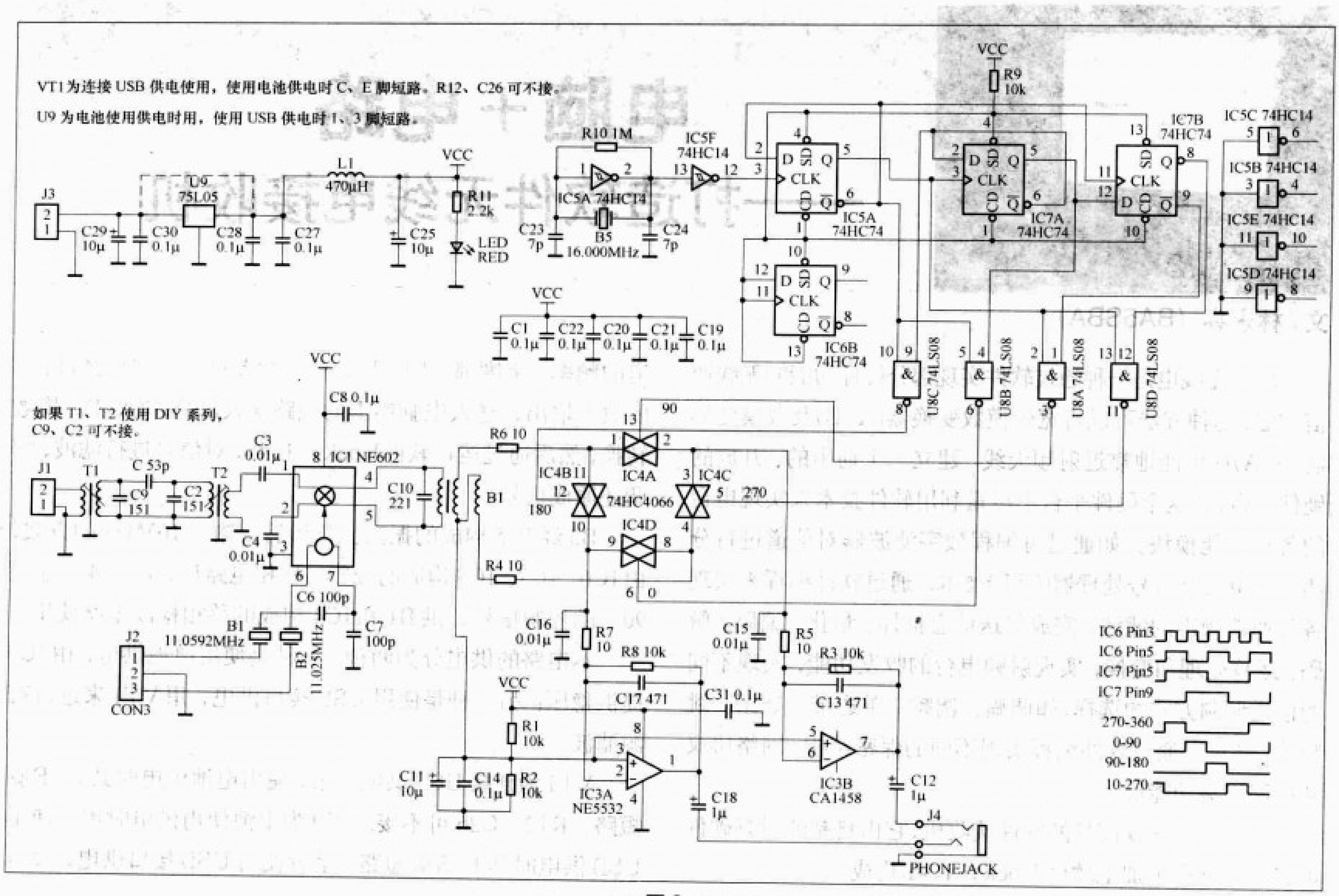


图 2

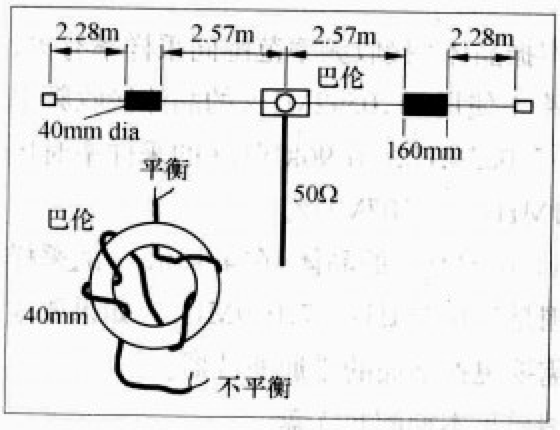


图 3

信号，可以用频率计测量一下IC5（74HC14）的第12脚是否有16MHz的输出。调整T1、T2、B1，使得信号最好。有条件的话可以使用仪器调整T1、T2，衰减器上的R13在干扰较小的地方可不接。

配备合适的天线

本软件接收机适用各种7MHz天线或多波段短波天线、宽带天线等，由于电脑的电磁兼容性不同，有的会对接收机有一定的干扰。建议使用有馈线的室外天线，将天线远离PC机，条件限制也可使用简单的长线天线，线长建议6~8m。这里，笔者推荐一款天线，见图3。

这款天线由国外爱好者GM4JMU设计，占地小，架设方便。每边用长10.25m、直径1.5mm左右的线，在直径40mm、长160mm的PVC管上，按照图中的距离绕40匝。馈线可以选用RG58等50Ω的馈线，如果馈线比较长，可以选用粗一些的馈线。做接收天线使用时可以不交接巴伦。

图4为衰减电路，安装在外壳上。

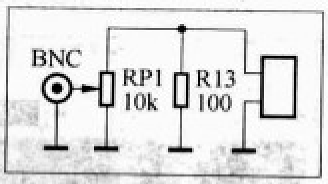


图 4

外壳的制作参考图5，也可以自己设计装饰一下。注意图5的USB的接口正负电源的连接。

插接电缆的连接 注意连接电缆插座的正负极，见图6。

元件分布图见图7。

外壳的加工如图8所示。

关于声卡的说明

由于本软件接收机只是对信号作初级的处理，真正的性

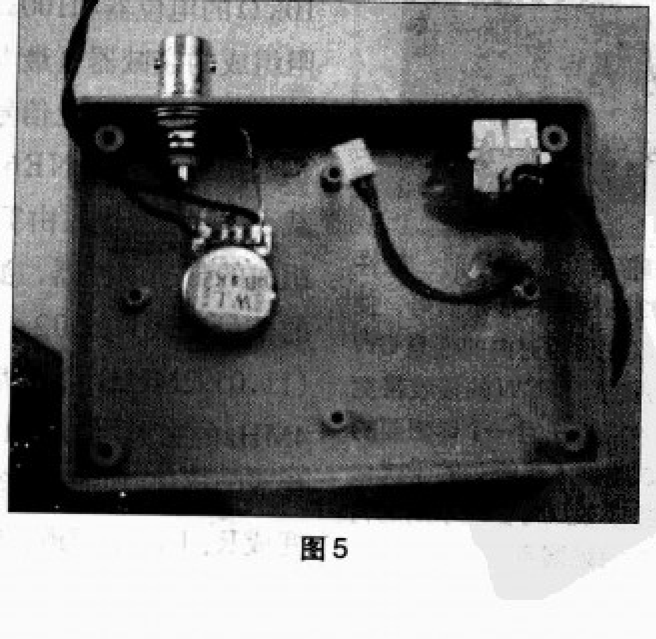


图 5

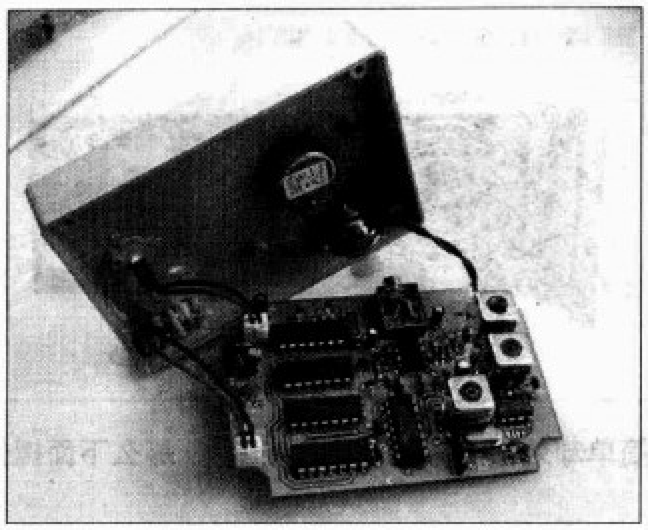


图6

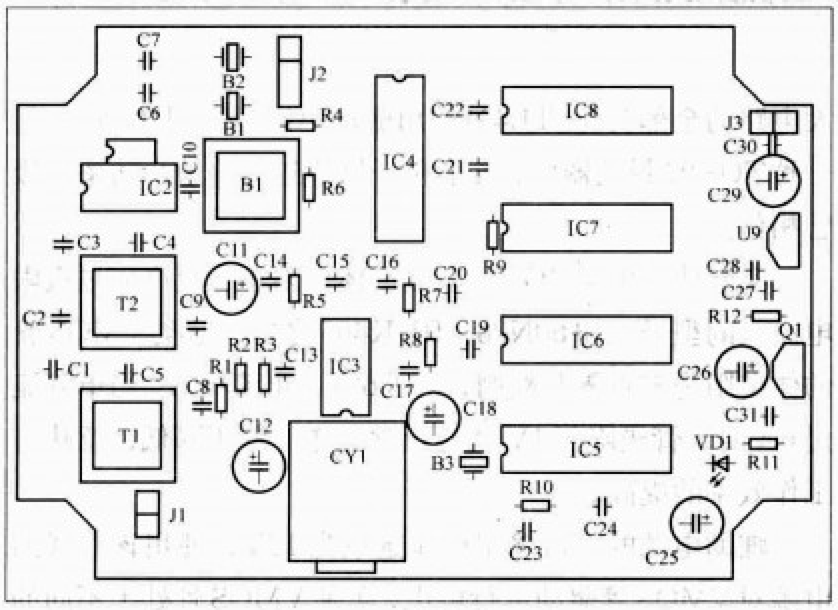


图7

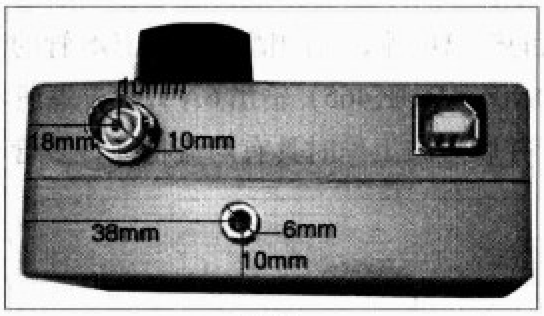


图8

能有很大的一部分同声卡的性能有关。如果声卡的本底噪声较大，则会影响软件接收机的灵敏度，同时会增加许多杂波干扰。如果你制作出来的软件接收机，出现噪声大、带内出现许多干扰的情况，可以考虑更换一块声卡试试或者换台电脑试试。

笔者试过两款声卡，一款是主板集成的AC97，另一款是笔记本内的Realtek HD。同一个电路和软件，在AC97声卡的台式机上，白天信号比较弱的时候，接收效果较好，但在晚上7.105广播比较强烈的时候，就会受到7.105广播的干扰，接收频带内会出现较强的广播信号；而配在Realtek HD的笔记本时就没有受到7.105广播的干扰，但在白天信号较弱的时候，接收频带内会出现两个较弱噪声带，但是调整减小软件的增益条时会有所好转。笔者还使用过一款雅马哈的PCI老声卡，以前老电脑上剩下的，可以在旧货市场上找到，也就是10元左右，效果也不错。

电缆连接时要特别注意，应插在线路输入插孔🕪，不能插在话筒插孔🎤。

软件部分的使用

1.PC系统要求

操作系统：Windows ME，Windows 2000，或Windows XP。

CPU：P4 1GHz或更高。笔者测试用P4 3GHz系统和Athlon 600MHz系统。在Athlon以48kHz采样时，CPU使用率大约40%；用P4的CPU，48kHz大约是7%，96kHz大约10%。

RAM：256MB。软件Rocky 1.41大约要求7MB内存，另外200MB为操作系统使用。

声卡：笔者使用的是主板集成的声卡Avance AC97，但它不支持96kHz采样率。

2.使用初始设置

汉化后的Rocky1.41为绿色软件。解压后可以直接执行Rocky.exe，有兴趣的读者可到本刊网站www.radio.com.cn上下载。

在电脑的"控制面板"里选择"声音和多媒体属性"。单击"录音设备"的"音量"按钮，选择录音输入为"线路输入"。然后启动Rocky1.41，点击"外观/ 配置"菜单，见图9。

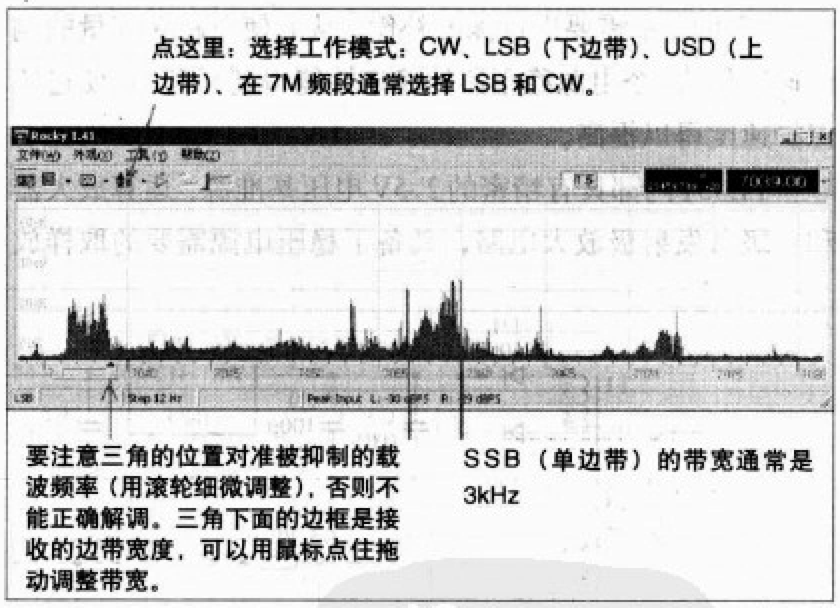


图9

选择"输入和输出设备"和"指定采样率"。如果你有2块声卡，选择不同的声卡为输入/输出设备。使用较低的采样率可以降低CPU使用率。

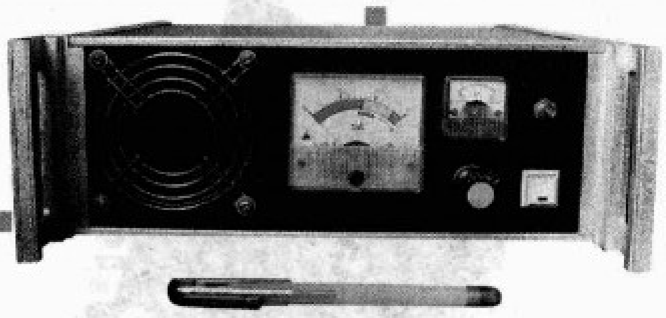
点击DSP页，选择单波段，输入准确的中心频率，约为7057500。

点击"开始接收"按钮。

使用窗口上的音量增益控制设置希望的音量。这样设置后，系统将自动调节衰减的补偿。

具体的接收效果可参见本期配刊光盘里的效果演示。

采用VMOS管的电台电源



文/李华夫（BG4ABH）

你想亲自动手做一台“稳压电源”吗?如果你想做一台相对简单却效果不错的“稳压电源”，那么下面提供的完整的电源设计方案将是你的不二选择。

经过10多年的不断改进，该电源具有完备的短路保护及软启动功能，而电路不复杂，相对其他线性电源，却有非常高的效率。整机电路见图1。

基本电路

这是一台线性电源，它由精密稳压元件TL431与低压VMOS管构成，可以明显地简化稳压电源的电路。笔者用该电路做成了输出电流6～30A的各种规格稳压电源，经历10多年的使用考验，证明是一款性能优良的电源。

VMOS器件具有无限的电流增益，作为稳压电源的调整管，如要增加稳压电源的输出电流，只需增加器件的并联数目。

同时，由于采用单级放大(不像双极型晶体管需要多管复合驱动)，不需要进行深度补偿，从而使电路对变量的响应速度加快，令电源稳压器的稳定性能得到提升，也使过流保护速度得以提高。

TL431内部具有精密的2.5V电压基准源、运算放大器和一级共发射极放大电路，具备了稳压电源需要的取样放大电路的全部功能。TL431输出驱动电流可达到100mA，是一种TO-92封装器件，大小和一只塑封的普通小功率三极管相仿。

实际使用中VMOS管应选用体电阻小、允许流过极限电流大的型号，如60N06、BUK465之类。这类VMOS管的体电阻为零点零几欧姆，耐压60V、电流60A。当单管流过6A时，管压降仅1V就能正常工作。管压降低，意味着工作效率的提高。

辅助电源的直流输出电压选取为12V，使用该形式的电源对VMOS管驱动进行供电，可使VMOS管处于不同的工作状态时都免予击穿。

欲增加稳压电源的输出电流，可酌情增加VMOS管的并联只数，以每只60N06（BUK465）输出6A计算并联管子的只数。VMOS管并联组态工作时具有均流特性，多管

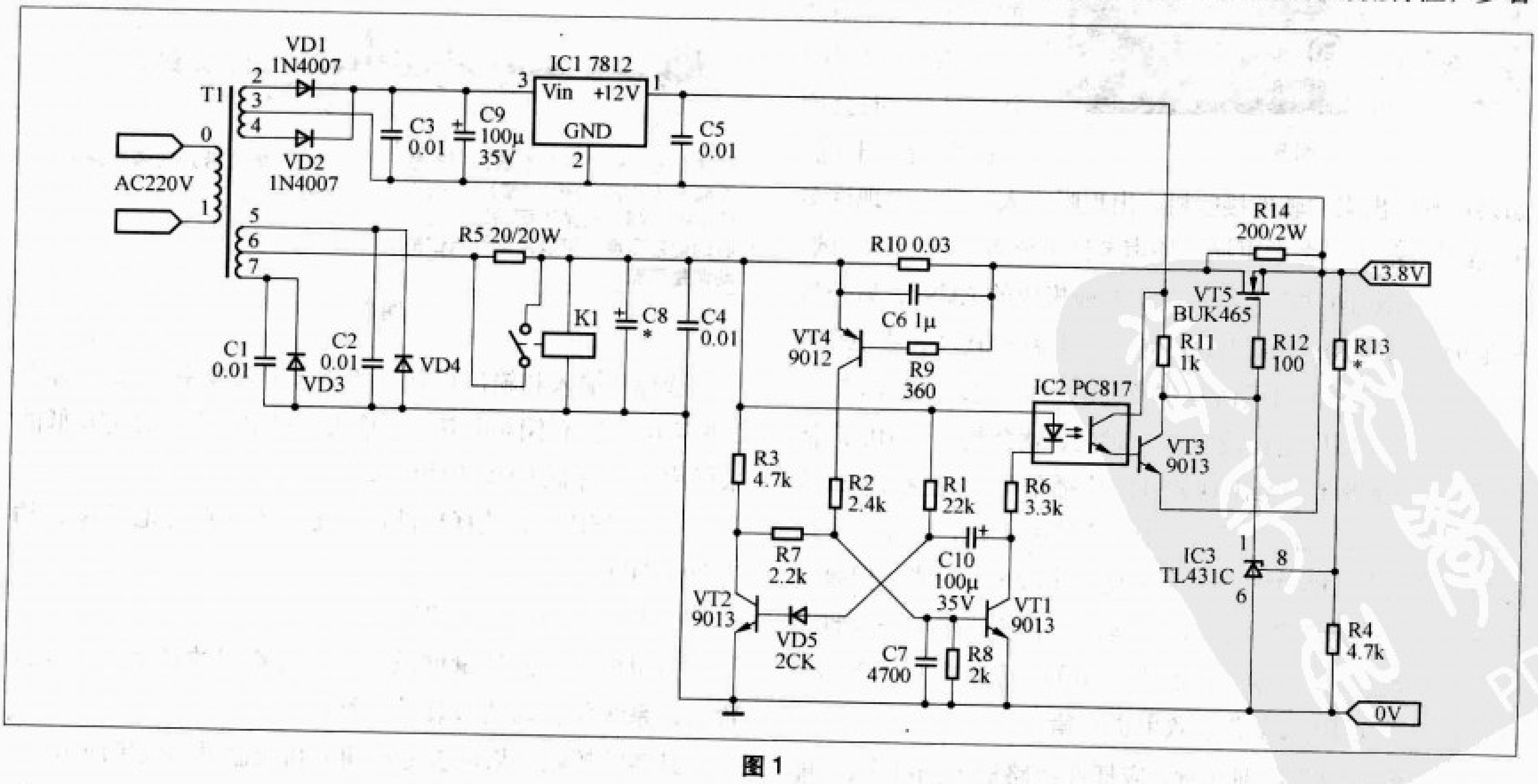


图1

并联不需采取附加措施。

VMOS管作为功率承受器件，应考虑安装在散热面积足够大的散热板上。整流二极管在大电流运用时也应进行散热方面的考虑。

辅助电源可以取自一个独立的小变压器。

必要时应考虑在220V交流输入端加上压敏电阻、电源滤波器，提升稳压电源的防雷电及抵抗外界干扰的能力。

过流及短路保护

采用单稳态保护电路。过流信号由R检出，使单稳态发生翻转，保护信号通过光耦隔离输出，能在瞬间对VMOS管的源、栅极的电荷进行释放，使调整管进入关闭状态。

单稳态保护电路可单独装在一块电路板上，见图2。

对于电容性负载，浪涌电流往往会使保护电路翻转。为了防止误动作，在VMOS调整管上并联200Ω电阻，为负载端的电容性负载提供通路。200Ω电阻的耗散功率至少需要2W。

软启动电路

对于大功率电源，有时软启动电路是必须的。

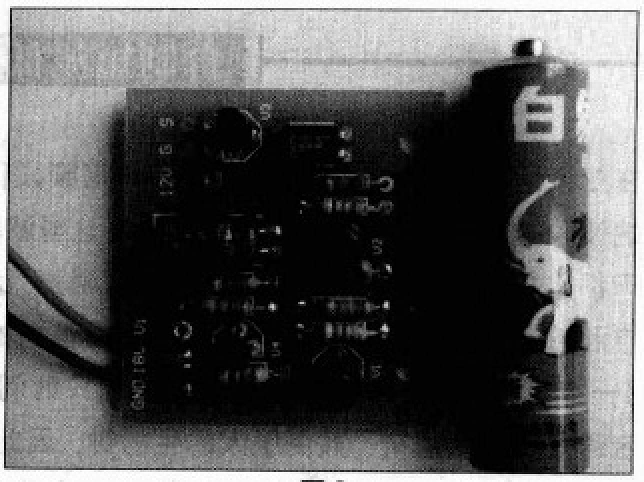


图2

软启动电路由20Ω/20W电阻及继电器构成。在开机的初始，滤波电容通过20Ω电阻充电，当电容端的电压达到继电器启动电压时，继电器动作，通过触点把20Ω电阻短路，使得在整个启动过程中，整流二极管免受浪涌电流的冲击。

通过上述介绍可以知道，这台电源的实现确实简单。用为数不多的器件，充分发挥和利用了元件的特性，构成一台高性能的电源，既得到DIY的乐趣，又学技能，更得到实惠。

网评摘选

电台电源，线性OR开关，选谁好？

常用的电源分为使用工频变压器（铁芯，50Hz）的线性电源和使用高频变压器（磁芯，几千赫兹）的开关电源两大类。

开关电源的基本原理是：先把工频（50Hz）的交流电转换为高频电流，然后经高频变压器变为低压经整流后输出低压直流。由于同功率的高频变压器体积比工频小得多，频率越高，体积越小，所以可以做到功率大、体积小、重量轻，因而被广泛采用。开关电源的稳压主要是通过控制振荡频率来实现的，也正因为如此，开关电源在屏蔽做得不好的情况下，如果用于电台的话，容易受电台发射谐波的干扰而失去稳压性能，导致电压波动，或由于其高频的干扰使电台频率异变。同时，如果开关电源的保护电路做得不好，一旦发生故障，其电压有可能会突然升高很多而烧毁用电设备。所以对于玩电台的话，线性电源应是首选。

我有2个电源，1个线性电源、1个开关电源。我的这个线性电源（280元）“档次低”，ALINCO的DR-11接上后，用50W发射就没法工作了，2个表也乱套了……另外此线性电源平时就带个电脑8cm × 8cm的0.12A的风扇，我的IC7000在短波上10W发射时，就听此电源里嘎嘎作响，2个表又乱套了……一句话，它不是通信专用的，不抗干扰，你能说它轻（7.5kg～10kg）？你能说它电流小（15A稳压）？你能说它不是1mm铁皮整体冲压的？

我的开关电源（880元），重2.2kg! 在买此电源前，我就听其他HAM说：开关电源怎么做对HF机或多或少都有干扰，都有可能被高压瞬间击穿，使短波机烧毁……

我没听传言！我把IC7000+DW-330W开关电源买回来了，基本每天都在短波和VHF波段做QSO，在所有波段上都没发现有干扰电台的情况，一切正常！而我们此地一HAM就用电脑电源改的，也是开关电源，功率小的那个电源烧毁了，功率大的那个就一直用着也没事！

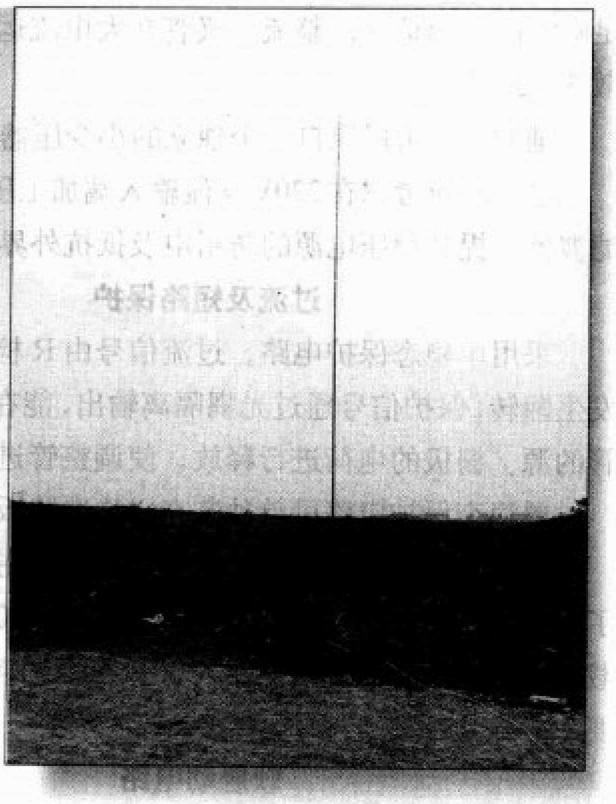
举一例子：我开帕萨特到北京去玩，开QQ车能不能到北京？开奔驰车呢？开法拉利呢？一样的，都能到北京去玩！

2008年第6期《无线电》杂志第27页《如何检测电池内阻》一文的作者为焦达德，特此更正。

自制短波低波段定向天线完整方案

在业余无线电操作中，160m 和 80m 等频段称为短波的低波段，这些低端波段的操作难度比较高，一方面，在这些波段里，各种来源的干扰和噪声都比较大，要抵御很强大的底部干扰噪声，必须在收听时要有坚强的意志和敏锐的信号辨析能力，同时对收发信机的接收部分也是一个考验。另一方面，低波段的DX通信传播开通窗口时间在日落到日出的前后，操作者通常需要熬通宵，颠倒了人的生物钟，因此，操作起来比较辛苦。还有就是低波段的电波辐射效率非常低，因此通常低波段的天线都比较庞大，一般人可能不容易具备架设起庞大天线的场地和能力。所以，短波低波段DX通信一般不容易操作成功。一个短波低波段的操作者总是想方设法地去改善他们的收听效果，有网友介绍笔者采用K9AY天线，称这种天线是一种容易安装、占地面积小、效果好的短波低波段定向接收天线。于是我马上收集有关的资料进行了制作，经过几次使用，觉得这种天线架设调试简单，接收效果良好，值得向爱好者推广使用。

此天线对短波广播爱好者也是一副性能优良的好天线。



K9AY天线的选材与架设

文 / 吴国光（BA7IA）

K9AY天线的原型是行波天线，如图1所示，在一条架空的无限长导线的输入端加入高频电流，高频电流在导线中以波的形式向终端方向流动，由于导线无限长，长线中只有向终端一个方向流动的高频电流，而没有反向流动的高频电流，这个电流又叫做行波电流，因此，长线所构成的天线也称为行波天线。在行波天线中，高频电流沿天线流动时，每一小段电流所产生的电磁场也有一部分会沿着接近于天线轴的方向传播。由于电磁场在空间的传播速度和电流在导体内的流动速度相近，每一小段天线在沿接近天线轴向的无穷远点激起的电磁场正好和一个波长之外的相邻小段激起的电磁场相位相差360°（相位相同），所有小段激起的电磁场正好互相叠加。也就是说，整个天线在接近天线轴向的方向会有很大的辐射，形成了天线的方向性。

在实际应用中，我们不可能做出无限长的行波天线，而是采取用若干波长的架空导线，在终端设置适当的电阻吸收掉流到端点的电流，使流过架空导线的高频电流为行波电流，这样的天线在近轴方向还是可以有很好的发射或接收效果的（图2）。架空线越长，天线的增益就越高，辐射波瓣越靠近轴向。这样的长线天线(long wire antenna)还有一个好处，就是天线长度对频率不敏感，可以作为宽频带天线使用。

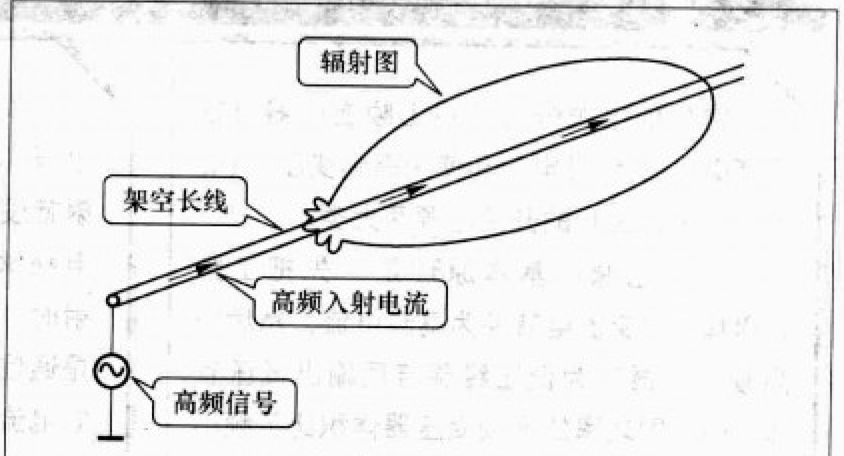


图1 行波天线

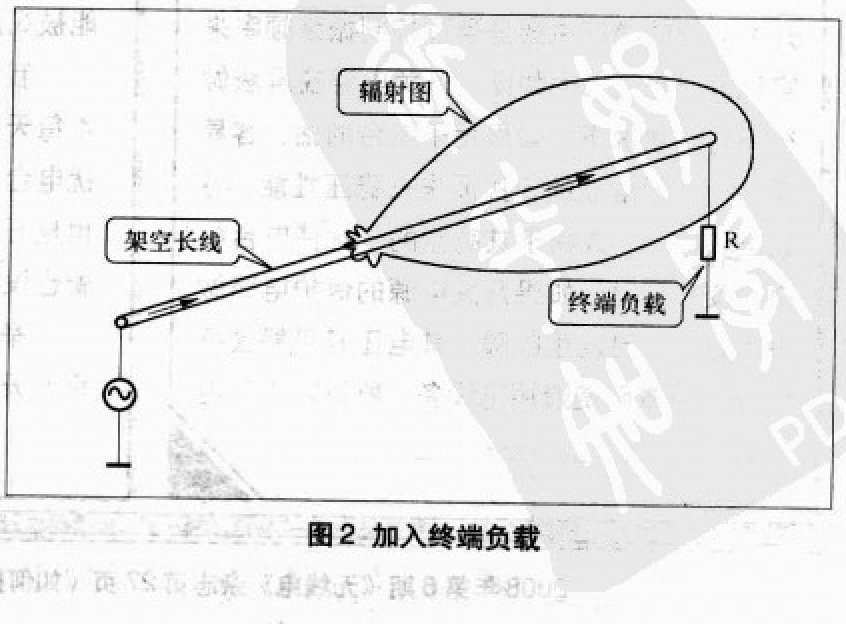


图2 加入终端负载

长线行波天线需要比较大的场地来架设架空导线，一般业余电台操作者，很难有这样的场地来架设如此庞大的低波段长线行波天线。K9AY 通过使天线变形，提出了一个小型化的解决方案（图3），并加入了电子开关的控制电路，可以方便地调整天线的方向（K9AY 天线单振子环的垂直和水平辐射方向图形如图 4 所示）。下面具体介绍 K9AY 天线。

K9AY 天线的构造如图 5 所示，架空长线的中间部分被往空中方向吊起了，长线的两端则往中间收缩，变成一个有形状的线环（如钻石形或三角形等），线环被吊在一个单支撑杆上，在这个支撑杆的底部是接地棒。线环的一端接入一个9：1阻抗匹配变压器作为信号端，而在线环的另一端通过一个终端电阻接地。借着变换接入不同的输入和终端端子来颠倒天线的方向图。采用2个彼此以直角安装的相同线环，通过继电器控制切换系统，可以使天线具有正交的 4 个方向的调整。

天线的材料

★天线的线环采用两段大约26m长的导线。虽然几乎任何规格的金属线都可以用，但是如果是永久安装，或许用 1.5mm² 的多芯铜线安装可以更耐久。

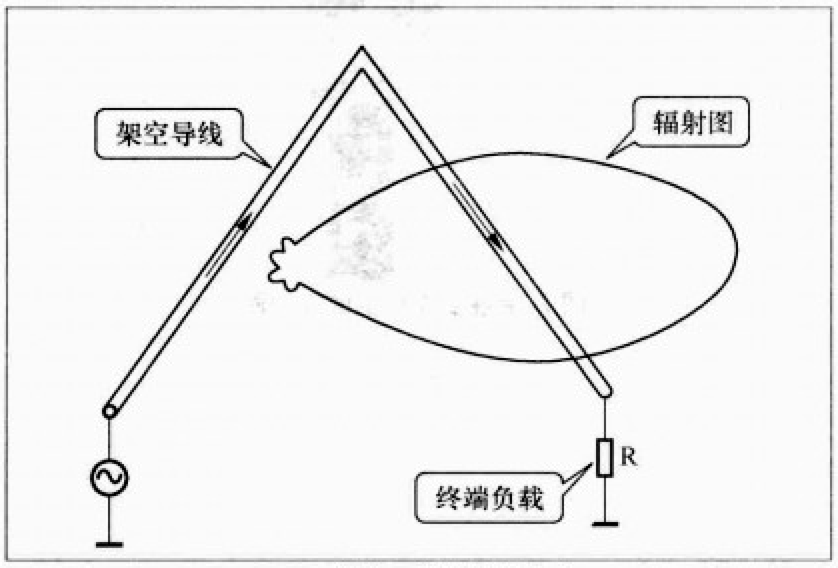


图 3 行波天线小型化方案

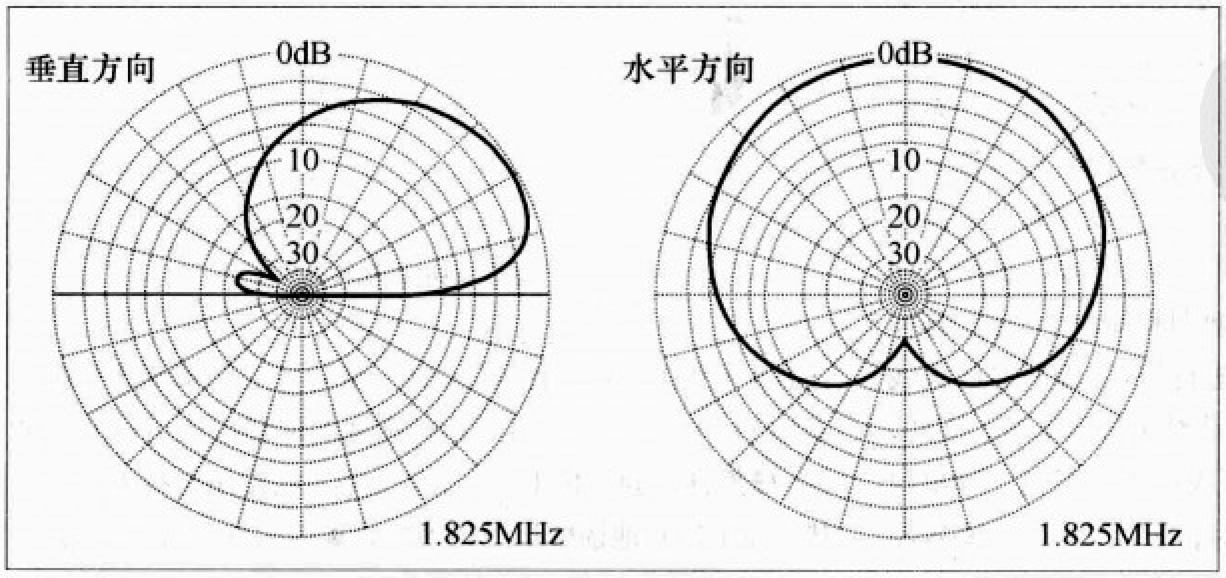


图 4 K9AY 天线辐射方向图

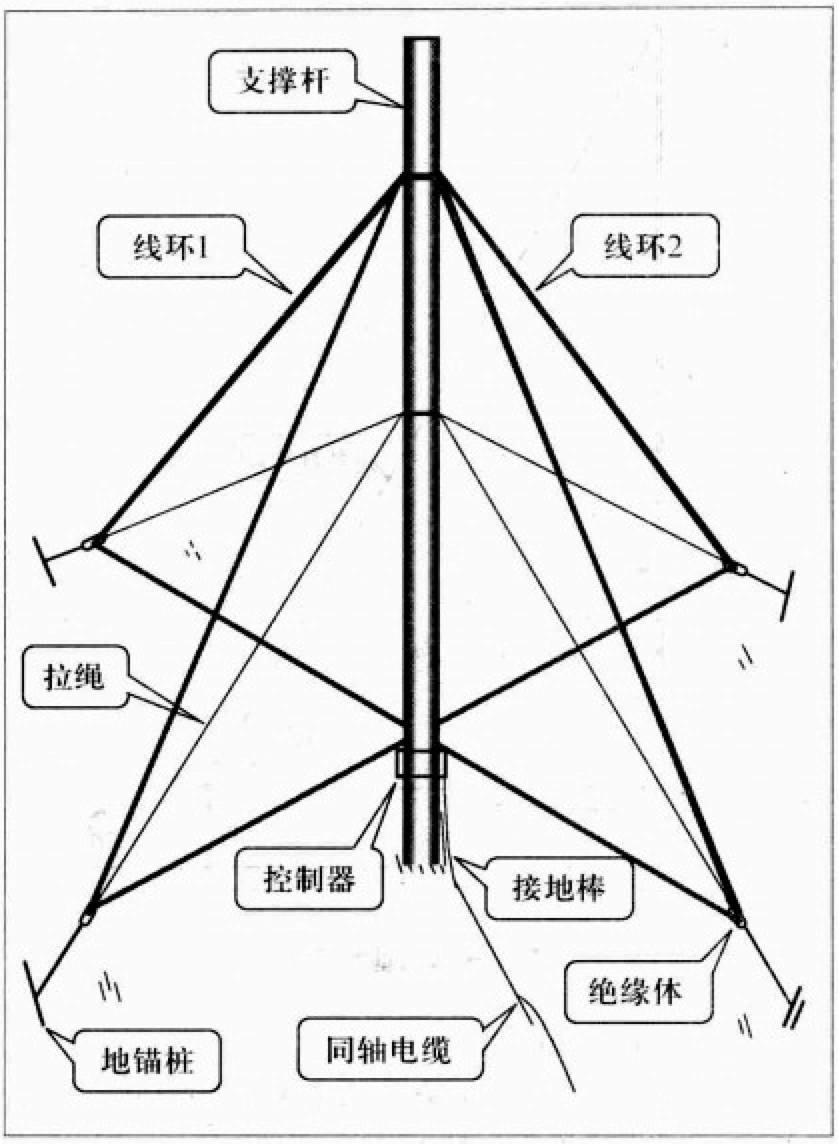


图 5 K9AY 天线的构造

★ 10 个简单的绝缘体。可以采用任何绝缘的东西，从旧的牙刷柄到陶瓷绝缘子都行。若采用的是带有绝缘层的电线做天线体，而天线又是属于临时架设，绳子直接绑在电线上架设，就可以省掉绝缘体。

★一条1.2m长的铜管作为接地棒。接地棒不需要打入太深，在1m的深度就足够了。对于接地电阻比较大的地面，如干沙或碎石地等，可适当打入深一些来提高接地效果。如果是临时架设，采用倾斜切割形成斜口状尖端的水管或者角铁等导电材料也可以。

★一条 8m 支撑杆。可以用竹杆或木杆等任何能撑起大约7.6m高的环型天线的东西都行。我们在比赛时采用的是 15m 长的钓鱼杆。

★绳子。可以用线绳或尼龙绳等绝缘的绳子，没有特别的要求，只要保证足够的强度就行。绳子可以预先被裁成4条约

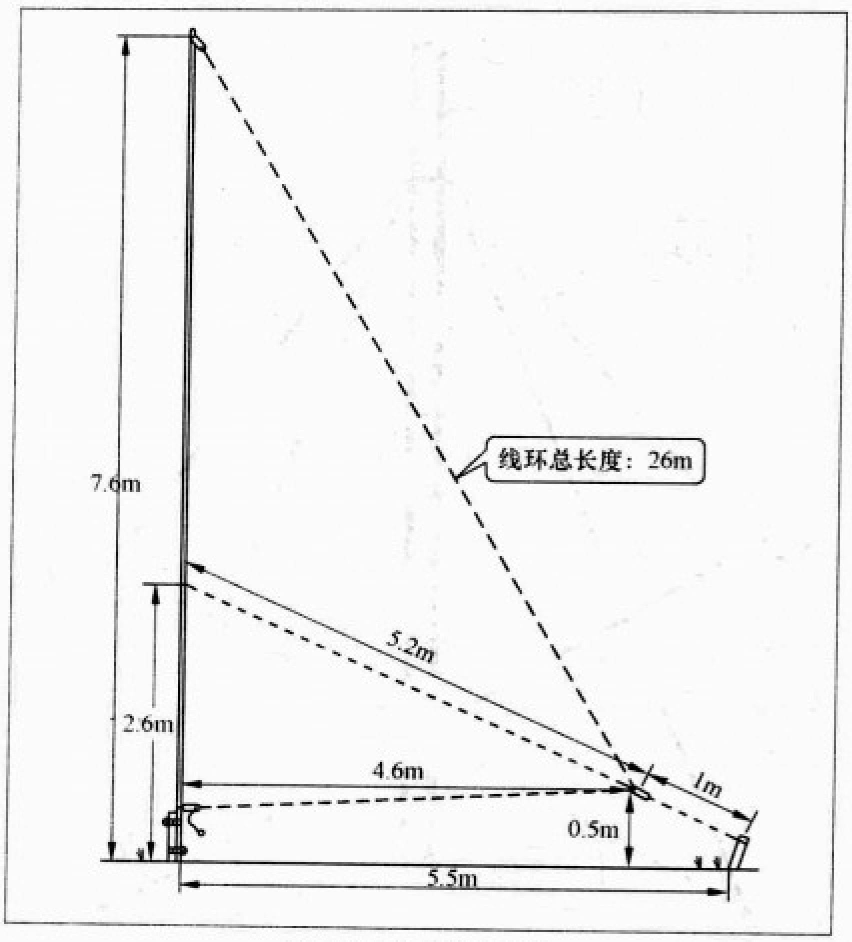


图6 天线的基本尺寸

5.5m长和4条约1m长的。

★4根地锚桩。可以用35cm左右的水管或角铁，一端锯成斜口状尖端方便打入地里，另一端最好能钻一个10mm左右的孔洞，以方便用来穿过固定拉绳。如果在架设点的周围有诸如树桩、栅栏柱和水管等可以利用的固定点，则可以省去相应的地锚桩。

天线的架设

天线的基本尺寸如图6所示。开始架设之前，首先在准备架设的场地上按照所需的尺寸定好中心支撑点和4个地锚桩固定点的位置。由于4个地锚桩的位置决定了天线环的位置，同时也就决定了天线相应的指向，而世界上HAM人口比较集中的区域在欧洲、美国和日本等地方，为了得到尽可能多的QSO，天线的指向也应该对着这些区域。因此，天线环在架设的时候就不应该是正东南西北了。在中国的大多数地方，天线环是应该按指向东北／西南和西北／东南方向架设，也就是说架设时天线4个地锚桩固定点应该分别在东北、西南、西北、东南方向上。这样天线的东北方向是指向日本和美国地区，西北方向是指向欧洲地区，西南方向是指向非洲地区。东南方向是指向澳洲和新西兰地区。具体的架设指向，可结合当地的大圆图进行修正。像所有的天线一样，这个天线会受附近金属物体或结构件的影响，因此，在确定天线架设位置时应尽力保证天线不受阻挡，远离附近的天线塔、房子和输电线等，同时，也应该远离一些容易产生干扰信号的干扰源。

把每条作为线环的导线的中点绑上一个绝缘体作为环的顶端。如果采用裸铜线作为线环，应想办法使两个线环离开一些距离进行绝缘，不能彼此相碰。如果采用的是有绝缘皮覆盖的导线，就不用特别考虑这个问题了。绝缘体的另一端用绳子固定在支撑杆的顶端（保证架设后离地面约7.6m高），2个天线环的4根导线作好记号（方便连接到控制器上获得正确的天线指向）顺着支撑杆排齐，按照图中的位置在支撑杆离地面距离3.4m处绑上4条约5.5m长的拉绳。

在架设场地被预先规划好位置的地面上分别打入一个接地棒和4个地锚桩，接地棒打入离地剩下20～30cm作为支撑杆的附着点。垂直竖起支撑杆固定在接地棒上，在顺着支撑杆垂下的导线上绑上绝缘体，绝缘体的另一端再绑上从支撑杆上引下的拉绳，线环的端部被固定在中央支撑的底部，留出约30cm的线头用于连接到控制器上（图7），固定时要

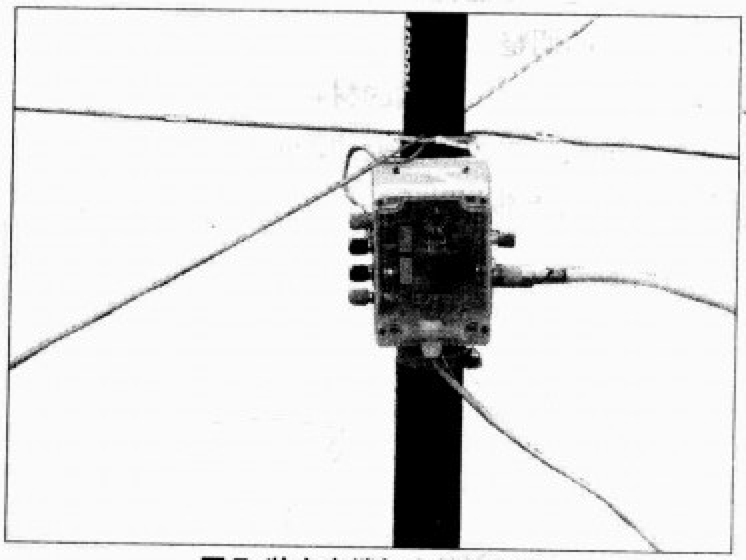


图7 装在支撑杆上的控制器

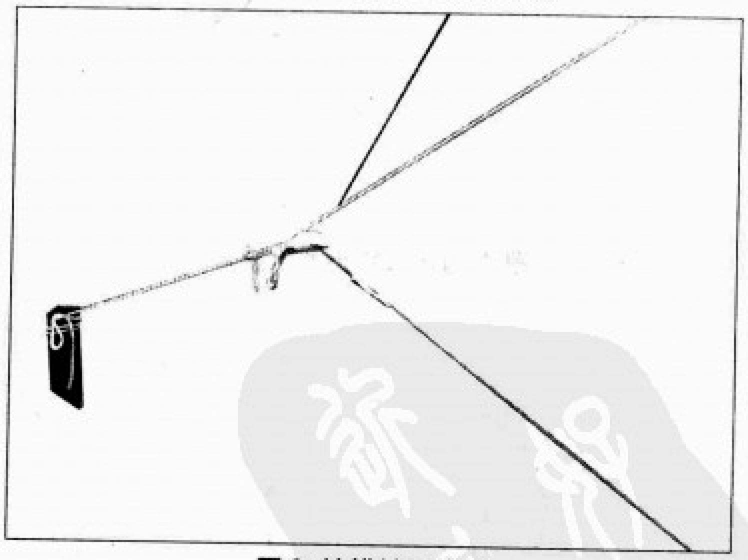


图8 地锚桩和线环

注意4个线头要彼此绝缘。这样，线环的底角被绝缘体和绑着约1m长的绳子系离附近打进地的地锚桩或可以利用的树、栅栏柱等固定位上，用充足的张力拉出角维持着环的形状，绳子拉着地锚桩把线环固定在离地面约50cm处，如图8所示。

自制短波低波段定向天线完整方案

K9AY 天线控制器的制作

文 / 吴国光（BA7IA）

要获得天线系统的不同方向图，需要通过继电器切换两个天线环和端头，图1是继电器盒电路。K1是一个 DPDT（双刀双掷）继电器用于在两个天线环之间切换。K2是另一个DPDT继电器用于调换终端连接的负载电阻和匹配变压器，借此颠倒天线的方向性图。继电器的控制电信号经由同轴电缆输送，用一条同轴电缆同时传送高频信号和控制信号，不需要另外敷设控制线缆。C1隔离控制电压到达天线环，C2提供变压器的一个射频接地。

为了方便说明天线的工作状态，假设天线是按照天线环指向东／西和南／北的方向架设的。继电器盒具有4个切换模态：(1）向东，当两个继电器都不通电的时候；(2）向南，当只有继电器K1通电吸合的时候；(3）向西，当只有继电器K2通电吸合的时候；(4）向北，当两个继电器都通电吸合的时候。全部切换是经过控向二极管VD1和VD2使用一个电源连接完成的。当加入 +12V 的时候二极管 VD1 让继电器K1动作，二极管VD2反向连接，使电压不能到达继电器K2。同样，当加入 −12V 的时候，继电器K2动作，但继电器K1不动作。而当加入交流12V的时候，通过两个二极管整流使两个继电器都动作。

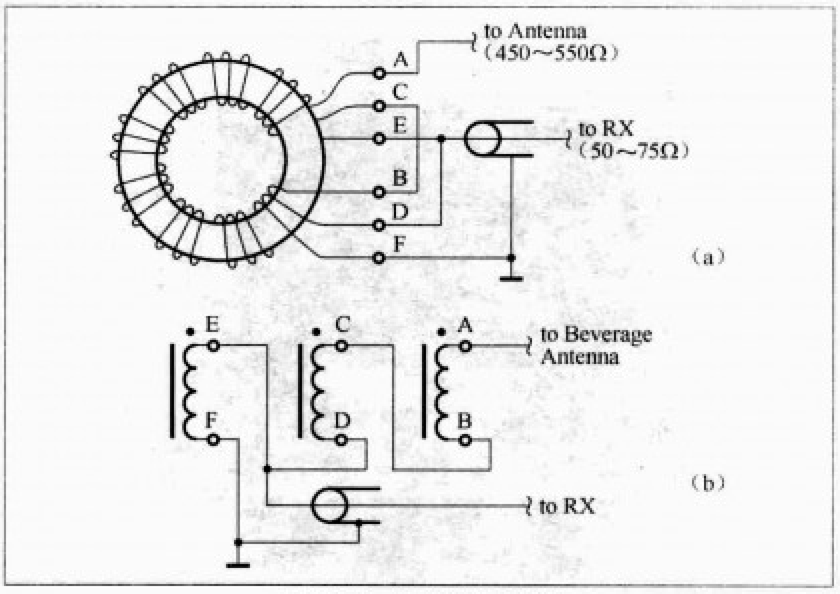


图2 9：1阻抗变换器

匹配变压器是一个9：1宽带阻抗变换器，如图2所示，它是一个3：1匝比的宽频带高频传输变压器，这种高频传输变压器相信已经被很多文章介绍过，应该是许多读者熟悉的型态。在制作时笔者抽取一般五类网线里面的芯线，把它们三线绞成一股，穿绕在直径22mm的高频磁环上，按照图2的连接方法制作出9：1阻抗变换器。为了对绕好以后的9:1变压器进行测试，在高阻端接450Ω的电阻，低阻端通过50Ω同轴电缆接收发信机输出，使收发信机在不同的频率上发射，在收发信机上就可读出SWR值，即可简单直观地测出所绕制的变压器的SWR特性。笔者分别对采用三线平绕和三线绞合两种绕制方式，再结合不同的绕制圈数进行试验，结果是采用三线绞合再密绕15圈

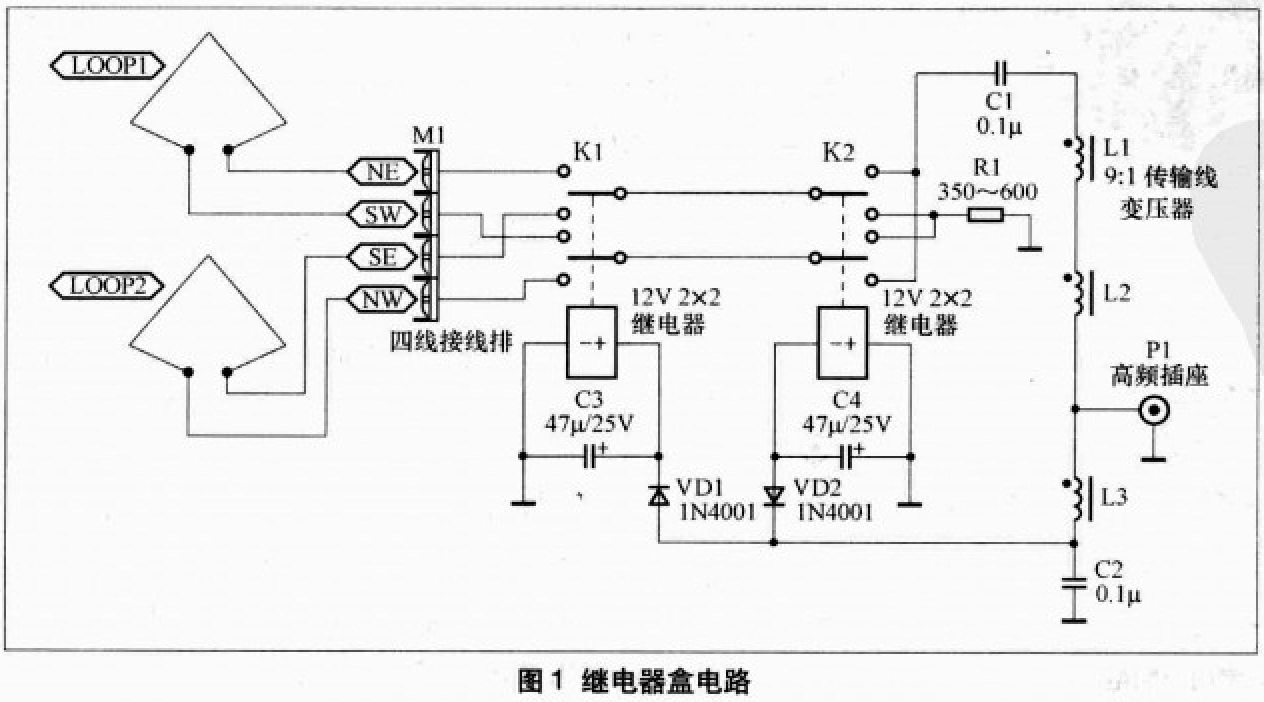


图1 继电器盒电路

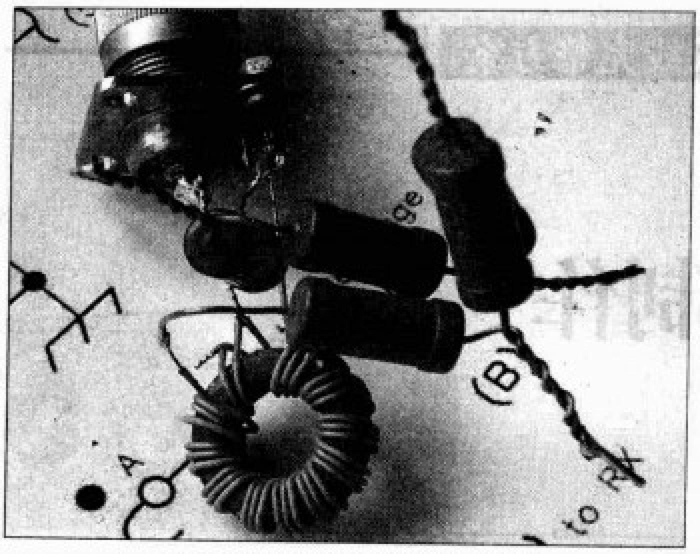


图3 测试变换器时接上的电阻

图7 制作中用到的元器件

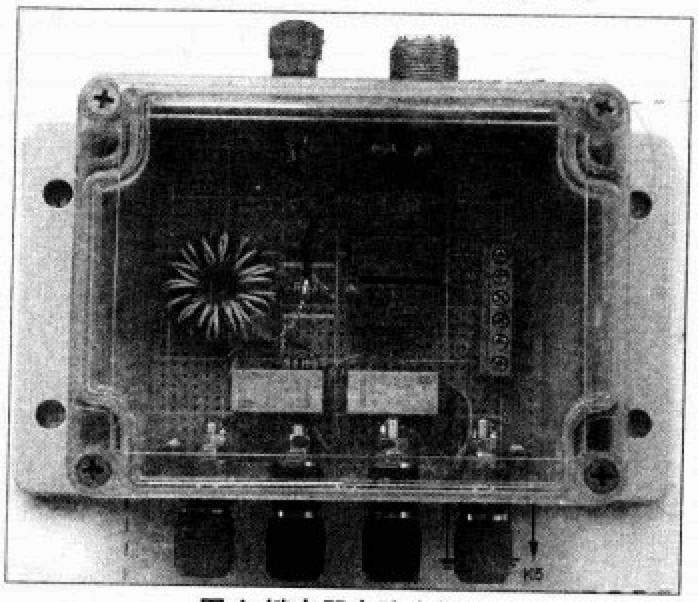


图4 继电器电路实物图

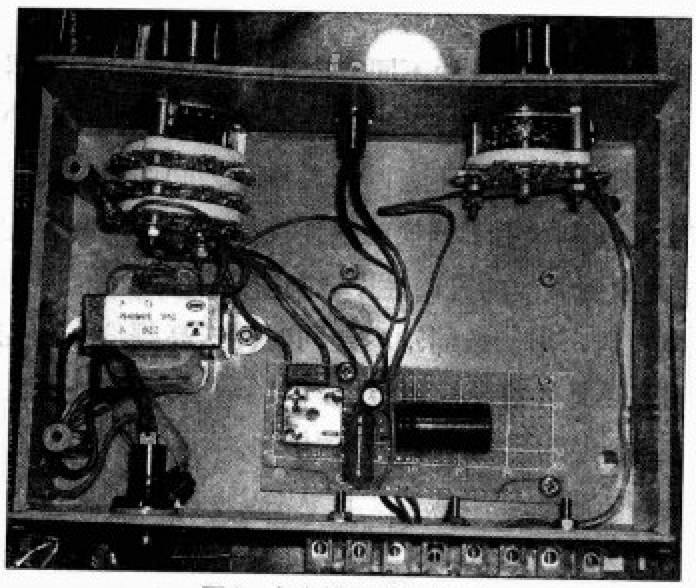


图8 室内控制电路实物

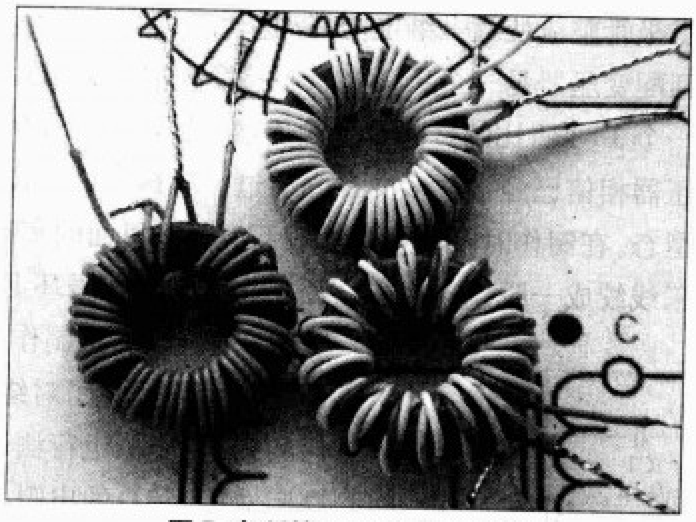


图5 自制的9：1阻抗变换器

（很多资料介绍是三线并绕9圈，可能是由于所采用磁环的导磁率不同所致）在160m波段上可获得1：1的SWR，但是，这样在15m波段SWR就升高起来了。如果采用三线并绕11圈的话，可以获得从80m波段到10m波段都是1：1的SWR，不过在160m波段和6m波段上是1：1.2的SWR。若天线系统只需要工作在160m和80m等低波段，建议匹配变压器采用三线绞合再密绕15圈制作。如果需要天线系统工作在比较宽的频率范围，则匹配变压器可采用三线并绕11圈来制作比较合适。实践证明，这样绕制出来的9：1宽频带阻抗变换器在良好的匹配条件下可以承受超过100W的发射功率。

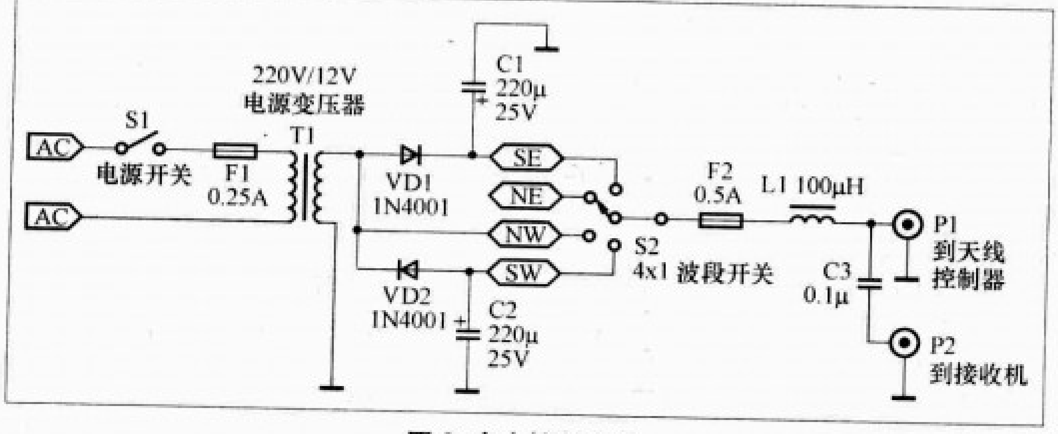


图6 室内控制电路

实践证明，对于不同的波段和地面导电系数，终端负载电阻数值必须要在390～560Ω之间。对于平均的地面导电系数，390Ω的终端电阻提供在160m波段的最适宜天线前后比，而80m波段时终端电阻应为560Ω。若需要照顾在160m和80m波段都有好的性能，则选470Ω的终端电阻就比较合适。为了防止发射机的功率被加入天线，终端负载电阻至少应使用额定功率为1W的电阻。终端负载电阻

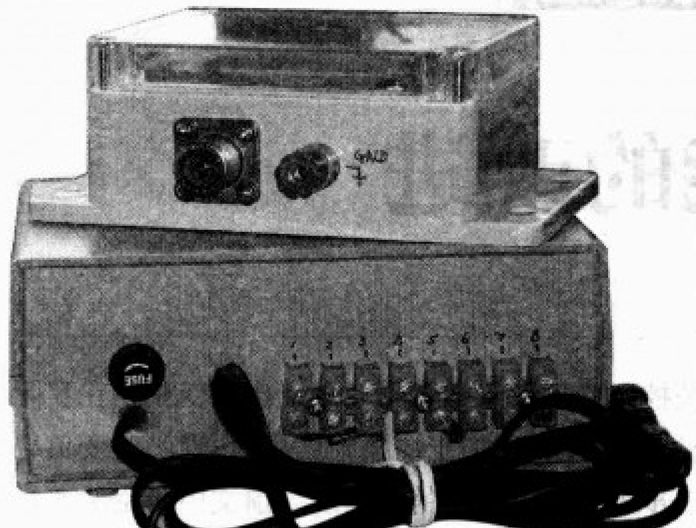


图9 继电器和控制器背面

可以采用2个1/2 W或者4个1/4 W的电阻并联成适当欧姆值来代替。由于需要处理高频信号的关系，终端负载电阻宜采用碳膜电阻或金属膜电阻，不宜采用线绕电阻。

整个电路被安装在一个防晒防雨的盒子里，盒子引出4个连接天线环的端子，一个50Ω同轴电缆插座和一个接地端子。由于电路不是批量生产，因此，制作时可采用适当大小的万能电路板制作，按照方便连接的原则对元件进行排布，元件之间的连接线最好不要相互交叉。

继电器盒固定安装在天线底部接地棒附近位置，盒子的4个天线端子接入相应的天线环端子，有条件的最好在天线环的端子上压接上线耳并贴上明显的识别标志，以方便正确连接。安装接入的时候分清线端，否则，天线的方向图就会被搞乱。由于50Ω同轴电缆除了传送天线信号以外，还传输继电器开关的控制信号，因此，为了减少检拾干扰和噪声，应让同轴电缆顺着地面走线，有条件的最好能把同轴电缆作埋地处理，而不要使同轴电缆架空。

图6是位于室内操作员控制盒的电路图。220V/12V交流变压器提供交流的继电器电源，交流12V被送到2个半波整流器和滤波电容器分别产生±12V电压。通过一个4×1旋转波段开关选择适当的电压输送到同轴电缆，控制天线的4个指向。高频扼流圈和0.1μF电容器在室内端把高频和控制电压隔开。操作继电器的控制电压和天线的高频信号通过同轴电缆同时传输。

自制短波低波段定向天线完整方案

K9AY天线系统的调整与使用

文/吴国光（BA7IA）

在实际安装应用之前，应先在室内把继电器盒用同轴电缆和控制盒连接起来进行测试，以确定高频信号通路和控制状态是否正常。经测试无误，再进行实际的安装。同轴电缆太长或太细都有可能产生比较大的电压降，使继电器盒得不到所需的工作电压，造成电路工作失常。因此进行室内测试时，一定要接上实际使用的同轴电缆进行测试，不应贪图方便而用其他同轴电缆代替。

室内测试正常以后，就可进行室外的接线工作，确认连接无误，就可以对天线进行性能测试。

天线的测试可以采用两种方法：第一种是请附近的业余无线电台发射信号进行测试；另一种是利用本地的AM中波广播电台信号进行测试。测试时把天线系统接入收发信机，调整接收频率到一个已知位置的本地中波广播电台上，调整控制器的方向开关使天线指向不同的方向，观察收发信机的S表读数变化，通常应该有3～4个S值的变化，验证天线提供的最高S表值是否与接收电台位置方向相吻合。因为天线的最深零位在30°～40°之间，所以，只通过切换继电器，你将不能得到极大的前后比变化值（切换继电器时，天线系统的方向作90°变化）。

地面导电系数能影响天线的效能，如果你不能获得预期的效果时，可试着调整终端负载电阻值。用一个1kΩ的电位器暂时代替电路中的负载电阻，试调整不同的电阻值获得最好的天线方向性，然后，测量电位器的电阻值，再替换上相同数值的固定电阻。当由于地面土质比较干燥使接地电阻比较高而影响天线效果时，可采用在天线使用期间临时在天线周围洒水，在天线接地棒附近灌水等办法，增强接地效果，以提高天线的短期使用效果。

这款天线与其他天线相比较，天线的灵敏度比较高，信噪比明显提高，感觉信号是浮在噪声之上，而不是被噪声所掩盖。虽然由于天线小型化引致接收信号比较弱，但信号却清晰可辨，收听起来并不费力。在导电性比较好的地面架设，能获得比较好的方向性，天线所具有的定向接收能力一方面可以较好地捕捉信号，另一方面也可以衰减来自其他方向的干扰信号，使天线能够比较轻松地接收来自遥远地方的微弱信号。这款天线不仅用在HAM频段的接收上，对于短波广播接收爱好者，也是一副性能良好的接收天线，获得了世界各地的爱好者的好评。

自制短波低波段定向天线完整方案

K9AY天线性能的改进

文/吴国光（BA7IA）

如果要进一步提高天线效能，读者还可以尝试以下3种改进方法。

1.为了满足在不同波段和不同地面导电系数都能获得最佳性能的需要，可以加入遥控改变终端负载电阻的电路。图1和图2就是这种改进电路，电路通过3个1×1继电器组合，模拟出从340～680Ω的电阻值。控制器和控制盒之间需要通过一条6芯控制线进行连接，而天线的射频信号则通过同轴电缆直接送到接收机上。在控制盒里，分别采用一个4×1旋转波段开关选择天线的指向和一个三联8×1旋转波段开关控制终端负载电阻作二进制步进变化。在实际使用中，先通过改变天线的指向捕捉信号，再通过改变负载电阻来进一步提高接收信号的清晰度（前文中所附的实物照片就是按照这个电路制作的控制器和控制盒）。

2.由于天线小型化引致接收信号比较弱，可以采取加入前置放大器加以改善。图3为160m前置放大器的电路，该电路可以获得约20dB的增益，采用场效应管可以获得比较好的抗拒互调特性，可以处理幅度差别比较大的信号而不会产生阻塞和失真。电路在输入和输出端均加入了调谐

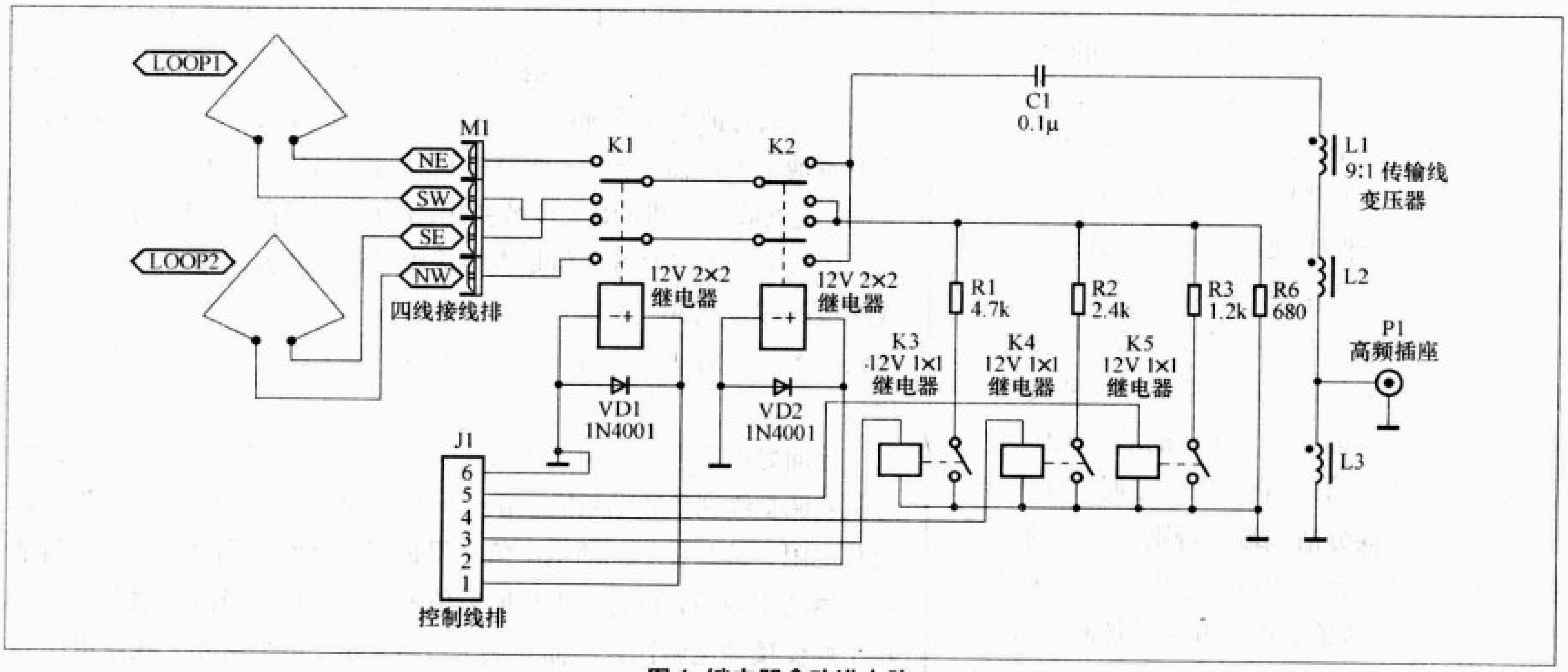


图1 继电器盒改进电路

天线小知识：天线的方向性与增益

所有真实的天线都会有一定程度的方向性，也就是说在某个方向辐射强些，在其他方向上辐射就弱一些。天线的方向性是与其在自由空间中辐射出去的场强图样联系在一起的。这种显示在离天线固定远处、场强随天线的方向变化的函数关系的真实或相对的图样，称为天线的方向图。任何天线的方向图都是三维的。自由空间中的“立体”方向图应该测量离天线中心等距离的假想中的球面上的每个点。这样测得的信息就可以构成一个立体的图样。在任何给定的方向上，某点的场强都与方向图上相同方向上的点的强度相对应——与它们到天线的距离成反比。

在业余无线电领域，我们使用场强的相对值就足够了。换句话说，我们并不需要知道在天线加入一定功率下，离天线1km处会产生多少μV/m的电场。

在假想的半径为数个波长的理想球体中心放置的等方向性天线，其场强（或称为“功率密度”）在假想球体表面的每一点处都是一样的。而在这个相同的假想球体表面，待测天线辐射出与等方向性天线相同的功

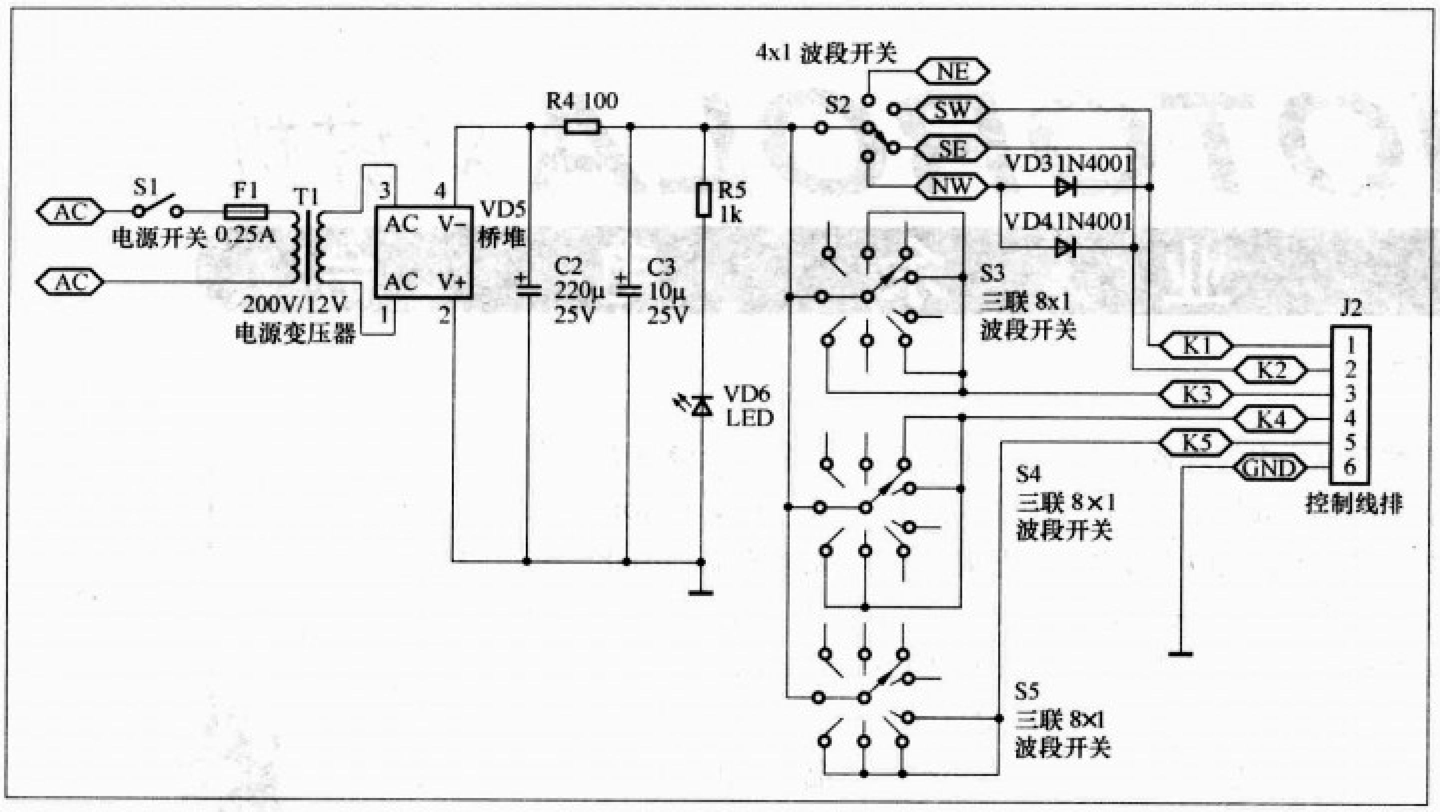


图2 室内控制器改进电路

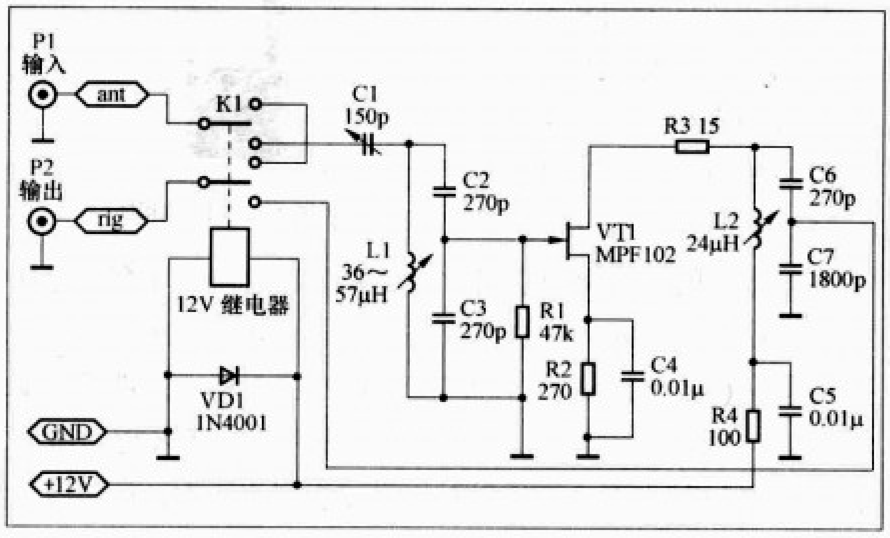


图3 前置放大器电路

选频电路，谐振在接收频率上，使电路除获得比较好的抗干扰能力以外，还可以提高电路的增益。L1和L2可采用晶体管收音机上的短波振荡线圈改制，在原线圈骨架上绕制28圈和20圈左右。当电路安装比较紧凑时，这两个调谐线圈宜采用带屏蔽罩的型号，减少线圈之间的耦合，避免引起电路工作的不稳定。电路可采用万能电路板焊制，电路焊接完成并检查无误后，在输入端接入天线，输出端接到收发信机上，调整收发信机频率到一个可接收信号上，调整线圈中的磁芯使电路谐振在160m 频段范围中，接收信号达到最大的强度。继电器作为前置放大器的切换，当加入12V电源时，电路投入工作，输入信号经过前置放大器放大后输出给接收机；当断开电源，电路就是直通状态，输入信号直接输出到接收机。只要通过改变不同的输入输出谐振线圈的数值，电路就可以工作在其他波段上。整个电路宜装入一个金属屏蔽盒里，安装在靠近天线控制器输出的地方，在室外安装时屏蔽盒要进行防水的处理。

3.为了进一步提高天线的性能，可以考虑采用把天线环架设成方框形状。通过计算机模拟分析的结果可知，方框形天线环可以提供比三角形更好的前后比和更尖锐的辐射波瓣图，同时，占用的空间也不会太大。当有足够的空间可以利用时，也可以适当把天线加大和加高，由于天线是宽频带的，因此，若使天线环增大，可以达到提高天线性能的目标。

率，其方向性导致在某些点处功率密度大些，而在另一些点处功率密度小些。最大功率密度与整个假想球体表面的平均功率密度（等于等方向性天线在相同条件下的功率密度）之比可以用来衡量天线的方向性。也就是

$$D=P/P_{av}$$

其中D称为“方向系数”，P为假想球体表面最大功率密度，P_{av}为平均功率密度。

天线的增益与天线的方向系数密切相关。因为天线的方向系数只由天线的方向图决定，它并不关心实际天线中的任何功率损失。在计算增益的时候，必须把这些损失从加在天线上的功率中减去。一般来说，这些功率损失占天线输入功率的一个固定的百分比，因此天线的增益为

$$G=kP/P_{av}=kD$$

其中G为天线的增益（以功率比表示），D为方向系数，k为天线效率（辐射功率除以输入功率）。这即是天线相对增益的大体概念。

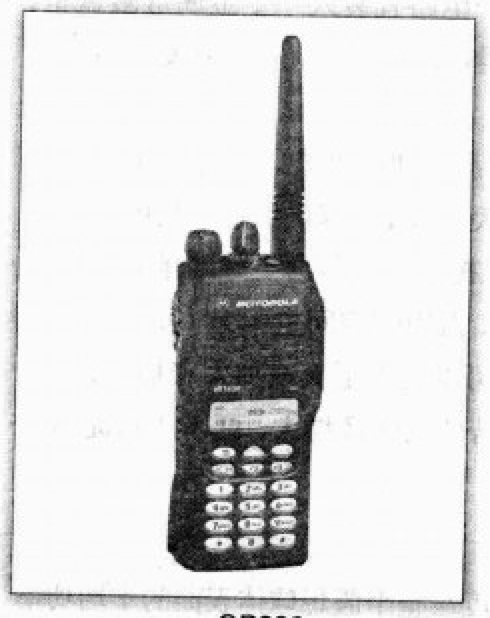
MOTOROLA对讲机与业余电台

文/杨 法（BD4AAF）

Motorola不但是移动电话中的著名品牌，更是专业移动通信中的领导力量。Motorola最早生产出了便携式商用移动电话和个人便携式双向无线电收发设备，从此揭开了世界无线移动通信的序幕。如今通信技术日新月异，Motorola通信设备依然在专业领域保持自己的技术优势和庞大用户群，其高级双向无线电装置和数字集群TETRA、IDEN设备广为各国军队、警察、机场部门所装备。Motorola致力于专业无线电通信，那么Motorola与业余电台关系如何，接下来我们去一探究竟。

认识MOTOROLA对讲机

Motorola的中高端产品奉行优质优价的原则，加上高端产品主攻专业领域，所以价格上令很多业余电台用户敬而远之，比如市场上常见的Motorola中高档的UHF单频段手持对讲机GP338，其行货的价格远远高于业余电台中的高级多频段多功能对讲机VX-7R、TH-F6A、IC-91A，基本上可以买到目前算得上最高档的业余对讲机IC-91AD了，更不用说Motorola高端的XTS-5000，它的价格完全可以买到IC-7000。Motorola也是最早将美国军标MIL-STD引入民用对讲机的厂家，进一步确保了产品的品质和在恶劣环境中的表现。Motorola的专业机相对日系的业余机具有音频输出强劲、抗干扰强、坚固耐用的优点，在嘈杂的地方、在电磁环境恶劣的地方，中高端的Motorola对讲机尽能凸显其优势。日系业余机的频率直接输入、接收灵敏度超高、宽频率范围接收、信号强度指示，从业余电台用户的角度看来是Motorola产品的软肋，其实这些功能在专业电台上都不是必须的，这就是用户群之间的差异。



GP338

体积小巧一贯是日系业余机的优势，并受到国内很多业余电台爱好者的青睐。其实Motorola也能将产品小型化，其早期巴掌大小的Motorola Visar对讲机就是一款典型的产品，体积小巧的Visar对讲机并不比比它个头大两倍的对讲机性能差，他们拥有同样等级的发射功率和接收灵敏度以及信令支持。Motorola Visar被各国政府的安全保卫部门用于需要隐蔽通信的场合，包括美国白宫通信处和总统特勤处。只是在欧美地区大部分人习惯使用体积比较大、有握感的对讲机，包括方便带手套操作，大众用户对体积过于小巧的对讲机不感兴趣。所以Motorola的大部分老型号对讲机体积都比较大，在国内也有“砖头机”的外号。由于亚洲很多用户更都喜欢体积小巧的对讲机，这包括行业用户和业余电台用户，Motorola也注意到了这个问题，所以在亚洲新推出的对讲机都注意控制对讲机的体积和重量。

Motorola XTS5000

早在日系对讲机需要将供电电压提高到12V才能输出

Motorola Visar

A8系列

4～5W功率的时代，Motorola产品早就能做到7.2V电压输出4～5W功率的水平，而当时日系对讲机使用标配的7.2V“苗条”电池时只能达到输出2～3W的水平。由此Motorola对讲机在用户中有了功率输出大、通信距离远、音质好的口碑。随着科技的发展现在很多日系对讲机甚至国产对讲机都能做到7.2V电压输出4～5W功率的能力了。

近年来由于我国对讲机制造技术的成熟和迅猛发展，对讲机生产成本下降，低价对讲机时代到来，Motorola也顺势推出不到千元的低端对讲机（目前常见的是A8系列）和千元级的入门级对讲机（GP2000s系列、GP3188四信道系列）。

MOTOROLA与业余电台的渊源

MOTOROLA作为国际著名的通信设备制造厂商，其员工中有很多都是拥有呼号的业余无线电爱好者，爱好和专业结合在一起能够更好地发挥员工的工作热情和专研精神，在Motorola公司还有专门的业余电台爱好者俱乐部，每个Motorola的正式员工都可以申请加入。Motorola也曾生产过针对业余电台市场的对讲机，如AP10、AP50和AP73，从型号而言A可能代表Amateur的意思，因为它的商用级手持对讲机大多是GP字头的。作为业余电台应用的对讲机，Motorola在设计上开放了手动面板频率设置功能，使用户不必再配备专业的编程设备，同时降低了产品的价格。虽然这三款不同时期的业余对讲机性能并不输于商用的专业对讲机，但在日本业余对讲机面前，其价格和扩展功能都处于劣势，所以最终逐渐淡出市场。Motorola过去的产品一直以优质优价、简约至上为理念，看样子这在掏个人腰包购买设备，以玩电台为乐的业余电台市场行不通。

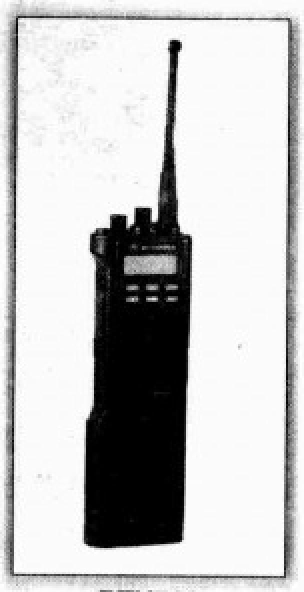
业余无线电爱好者心中的MOTOROLA

MOTOROLA品牌产品在很多业余无线电爱好者心目中就是专业和品质的代名词，尤其对其高端产品更是趋之若鹜，很多HAM还成为Motorola的“Fans”。业余无线电爱好者对Motorola对讲机又爱又恨。爱的是Motorola产品的卓越品质，恨的是对于喜欢打破砂锅问到底的技术型业余无线电爱好者，专业的Motorola对讲机的维护需要很多专业技术和设备，包括写频、扩频、改机、调整等，一般爱好者很难通过非官方渠道顺利地掌握这些知识。其中有的涉及Motorola对讲机的商业机密，厂家是不希望外人知道的。这对于商业用户来说，电台维护由专业技术人员负责完成，必要的时候还会得到厂家工程师的官方技术支持，自己只需要拿起来用就可以了，而作为业余无线电爱好者往往希望使用和维护都一人独揽。HAM好不容易“淘”到一个价廉物美的二手Motorola对讲机，却不能写频，好机器不能用，真成了鸡肋。

业余无线电爱好者中有些人有很深的军警情结，所以对军警使用的对讲机羡慕不已，一直梦想自己也能拥有，而很多大城市警察使用的都是Motorola对讲机，所以同系列的Motorola对讲机更是成为这些朋友追逐的目标，GP300、PTX600、GP338、PTX760、SABER、SABER ASTRO、XTS都是备受瞩目的焦点。

业余电台设备中的Motorola

虽然崇拜Motorola设备，但新品行货机实在太贵，那么HAM们就盯上了二手Motorola设备。二手市场上Motorola通信设备倍受推崇，就像电器中的SONY一样，总会高人一等。目前国内专业通信领域淘汰的Motorola设备只占二手市场中很小的一部分，二手市场上主要是国外淘汰的Motorola设备。我们曾经在其中看到过美国白宫通信处和英国空军退役的对讲机。这些Motorola设备在很多HAM和二手商眼里是天上掉馅饼，迅速成为廉价维修备件和翻新机的主要来源。



PTX760

很多拼装机、改版机、维修机由于技术不到家和缺乏检测手段，都只能做到在业余频段工作，发射功率和接收灵敏度不太差就可以。好在绝大多数购买这类产品的业余无线电爱好者并不是专业人员，对机器的要求也仅仅是“在业余频段能工作，发射功率和接收灵敏度不太差”，所以对改版出现的一些细节问题往往不知道，买到一部二手能用的Motorola对讲机已经很满足了，也正是这类机器占了业余电台Motorola二手机市场的相当大部分。

业余电台使用的Motorola机器以VHF和UHF为主，手持对讲机、车载台、中继台都有。HF短波全段Motorola设备市场上比较少，能工作在低波段的29MHz Motorola设备也不多。Motorola生产的商用电台以商用频率为主，并没有考虑业余波段，低段的Motorola VHF机正好覆盖业余2m波段，而很多400MHz高段（450～470MHz）和低段（403～420MHz）的UHF设备正好与430MHz业余频段擦肩而过，只有一些宽带设计的设备才包含430MHz业余波

段，主要有GP68U、HT1000、JT1000、VISAR、Saber Astro、GP88s、GP338、GP338Plus、XTS、GM950、GM388、GM398。市场饱有量较大的UHF波段GP88和GM300本身并不支持430MHz业余波段。

在众多UHF对讲机中，其实最适合HAM使用的手持对讲机是GP68，其国内销售主力频段是430～470MHz，正好完全覆盖430MHz业余波段，GP68体积不大，具有原生的频率直接输入和接收信号强度指示，都是业余电台设备应该具备的基本功能，而这在Motorola其他商用对讲机中极其少见。其实GP68就是Motorola为业余电台设计的AP73机型的原型机。虽然GP68在销售体系中档次定位不高，但其性能非常适合业余电台使用。虽然GP68早就停产，但二手市场上价格很好。不过对于那些追求高档Motorola机器的朋友就不屑于GP68的档次了。市场上流传着GP68是“电老虎”，极其耗电的说法，这其实是一种误解。恰恰相反，GP68在设计的时候还是一款特别考虑节电的机型，比GP88更省电！只是由于其原配电池容量不高（标配PMNN4001电池只有600mAh@7.5V，而且GP88的标配HNN9628B电池容量达到1200mAh@7.5V）加上市场上劣质仿冒电池充斥，才导致用户误解。自己DIY解决一下电池问题后，你会觉得GP68其实是一款很优秀实用的对讲机。

GP68

MOTOROLA设备HAM大改造

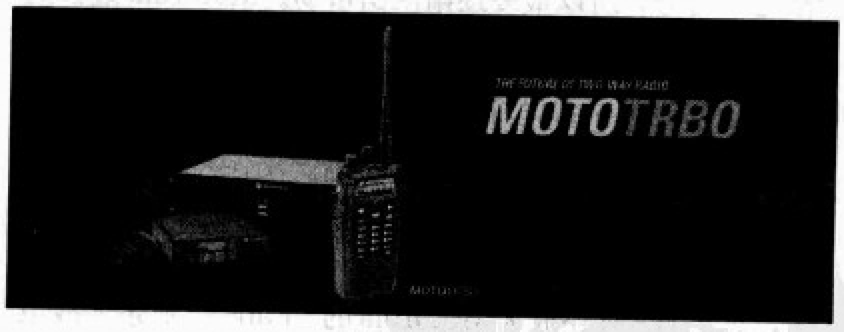
对于大量与业余电台工作波段擦肩而过的设备，很多HAM都琢磨让专业设备物尽其用，业余电台发烧友像电脑发烧友一样也玩超频，不过目标不是CPU和显卡的超频，而是挖掘对讲机的最大潜力，于是改机高潮兴起了。虽然现今的业余无线电爱好者从专业技术上与专业无线电工程师有巨大的差距，但有些朋友“旁门左道”的改机能力和水平连专业人士都会感到惊讶。通过修改标准软件使软件支持编写超范围的业余频率，对机器的型号、串号、销售区域、解锁任意设置，还能将机器升级改版。有些国外编程高手甚至反编译Motorola的编程软件，然后自己编出具备特殊改机功能的超级第三方软件。利用类似移动电话“水改行”的方法重写Flash芯片的技术来拓展Motorola对讲机硬件的工作频段和功能档次，把英文机改成中文机……

Motorola机器在设计制造时很多产品采用同样的硬件平台，只是采用不同的软件限制和开放某些功能和标志构成不同档次、不同销售地区、最终不同销售价格的机器。一旦有人掌握了修改软件的法门，就可以把对讲机升级为该硬件支持的最高配置机型。这种“刷机”的原理实际上同移动电话的改机十分相似。Motorola很多对讲机限于成本考虑，其存放的软件的芯片并不具备加密功能，为改机大开方便之门。 虽然新款的Motorola设备已经考虑了这个问题，但对以前出品的型号则无能为力了。典型的是Motorola GP88在升级到GP300后再配合扩频软件或者标准软件的后门就能轻松写入430MHz业余频率和打开内置VOX功能，GM300同样可以通过扩频软件或者标准软件的后门达到目的，甚至将原本8信道和16信道的GM300分别拓展为16信道和40信道以上。通过修改内部使用区域代码可以使AA、LA、MD、FD版的对讲机方便地使用中国简体中文版AZ的编程软件。

这些近似黑客技术的破解还要感谢国外一些高手级无线电爱好者的无私共享，这些特殊软件、改机法门和数据线DIY方法、图纸在一些国外专门的网站和论坛中都有详细的操作指导介绍，只要拥有这些“葵花宝典”，依葫芦画瓢就能成为众人羡慕的改机“行家里手”，如果再能触类旁通，定能成为国内改机高手。国内HAM原创做得比较有意义的一件事就是把一些原来纯英文版的编程软件进行汉化，方便那些英语不太好的HAM使用。

与时俱进的业余电台与MOTOROLA设备

虽然在科技高度发达的时代，凭借个人能力HAM是很难再现领导通信新科技的辉煌，但随着新科技的发展，国外一些HAM紧随时代步伐玩起了新一代的通信设备。专业的Astro、APCO P25、Tetra、MOTOTRBO、短波自适应技术都有HAM将其改频到业余电台合法使用的波段进行通信实验，探讨新技术的应用，器材设备方面Motorola是自然的主角。同时随着XTS、XTL、MOTOTRBO等新款对讲机上市，新的编程软件、新的数据接口、新的功能开发和应用都使得关心这方面技术的HAM必须与时俱进，才能确保知识结构不至于落伍。



MOTOTRBO

改进型摩托罗拉/建伍对讲机写码器

文/白志强 蒋 锐 刘 峰

调整对讲机频率、功率、静噪、调制度以及设定扩展接口各引脚功能，有时需要用到专用对讲机写码器，由于成品写码器的价格和供应关系并不是人人都能够买到，因而不少业余无线电爱好者就会根据网上相关资料购买元件动手自制，笔者也曾DIY了一台，但使用后感觉不太方便，主要是写码器没有任何指示电路，工作是否正常让人难以把握。笔者经过仔细分析网上电路后进行了适当改进，再次使用时它的实际工作状态能一目了然，不仅美观，而且能大大提高调整工作效率，现介绍如下，希望对大家有所帮助。

改进型摩托罗拉/建伍对讲机写码器电路原理如图1所示，核心IC采用MAXIM（美信）公司的MAX232，单5V电源即可工作，MAX232内含两个驱动器、两个接收器和一个能提供TIA/EIA-232-F电平的电压发生器。因为电脑串口即COM口的RS-232C标准与对讲机的TTL电路不同，电平不是+5V和地，而是采用负逻辑，“0”为+5V～+15V，“1”为-5V～-15V，使得RS-232C与TTL不能直接相连，否则就会烧坏TTL电路，两者通信时必须进行电平转换。MAX232芯片内含的每个驱动器可将TTL/CMOS电平转换成TIA/EIA-232-F电平，每个接收器可将TIA/EIA-232-F电平转换成TTL/CMOS电平，确保了电脑与对讲机之间通信顺畅并能安全隔离。图1中双刀双掷开关S'打到上方可读写摩托罗拉对讲机，打到下方可读写建伍对讲机，读写机型包括摩托罗拉GM300、GP300、GP68、GP88、P110、M120、SM50、SM120、PTX600等及建伍TK278、TK378、TK3107、TK318、TK868G、TK830H等常见机型。读写插头可按具体机型自制，例如读写摩托罗拉车载对讲机的插头可如图2所示，利用网吧里常见的八芯双绞网线和RJ-45水晶头按568B标准压制，最后5-白蓝-4'接地，2-橙-7'接双向数据端，读写时插入对讲机话筒插座即可。读写建伍手持对讲机的插头如图3所示，可用直径3.5mm和2.5mm的立体声插头共同制作。

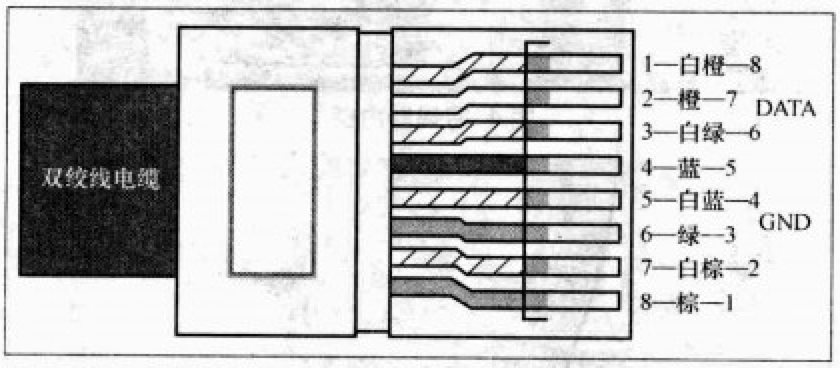


图2 568B标准RJ-45水晶头接线与摩托罗拉车台话筒接线顺序对应图

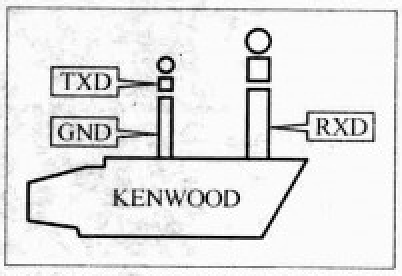


图3 建伍手持对讲机耳麦写码插头结构示意图

由于笔者平时基本上不读写建伍对讲机，故省去了由R5、R6、R7、VT3、VT4、双色LED构成的建伍对讲机读写指示电路以及读写插头、转换开关S'，写码器前面板上仅保留了电源开关

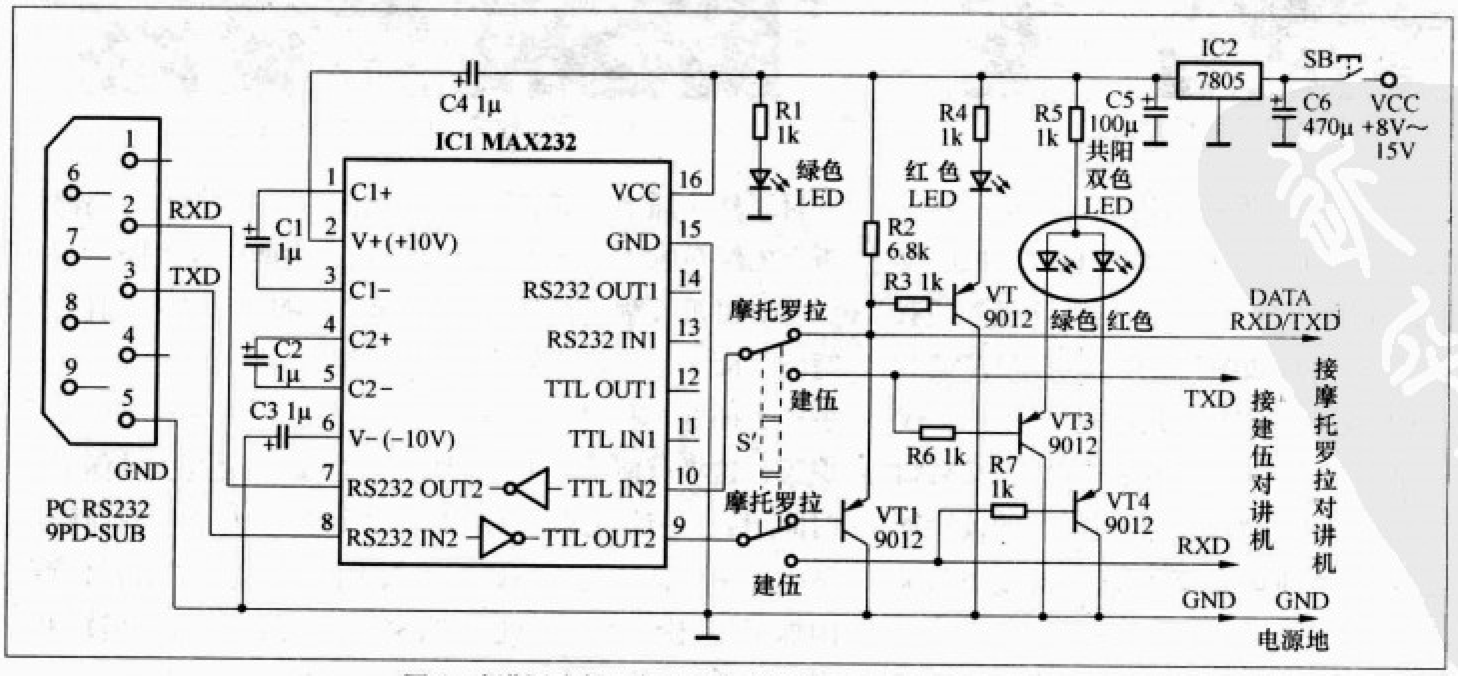


图1 改进型摩托罗拉/建伍对讲机写码器电路原理图

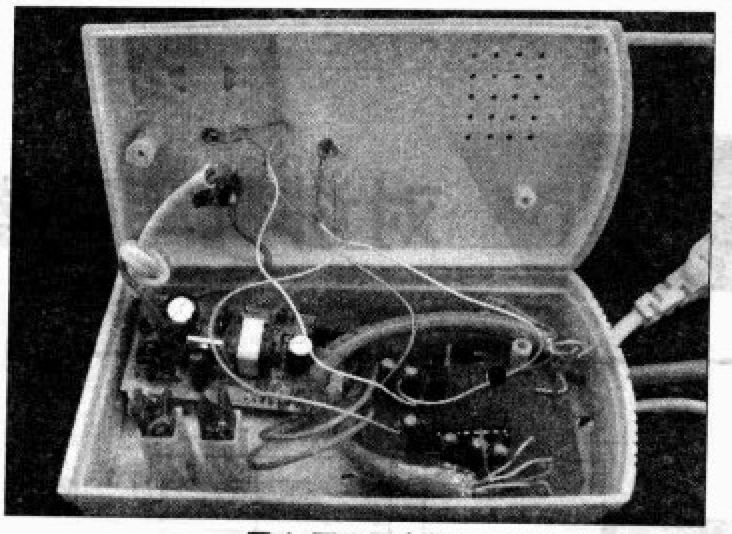


图4 写码器内部

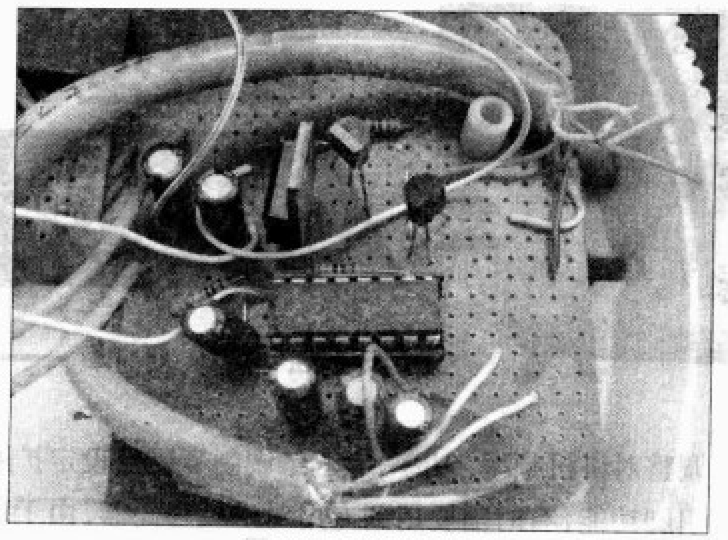


图5 写码器电路板

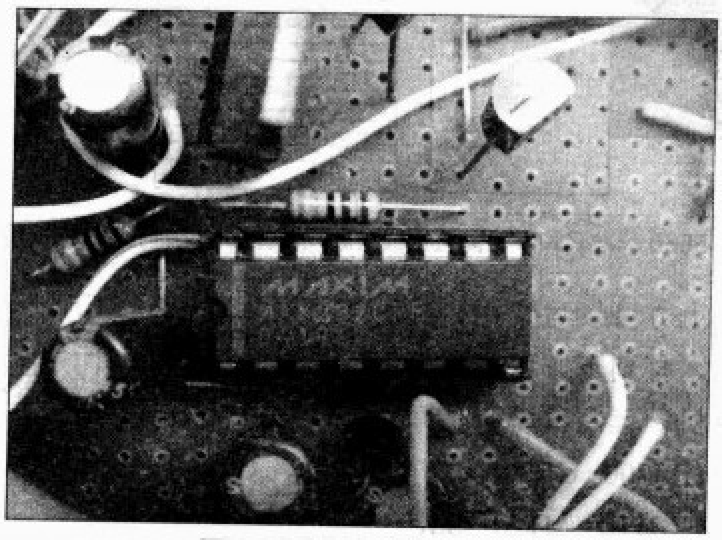


图6 写码器电路核心IC

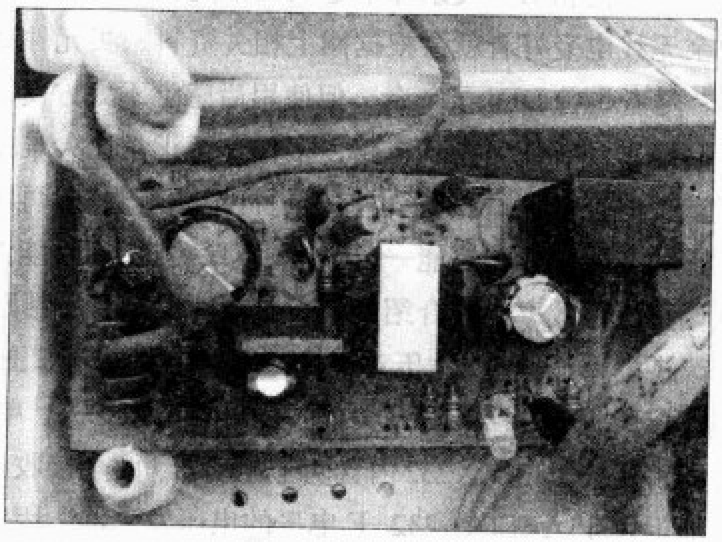


图7 写码器供电板

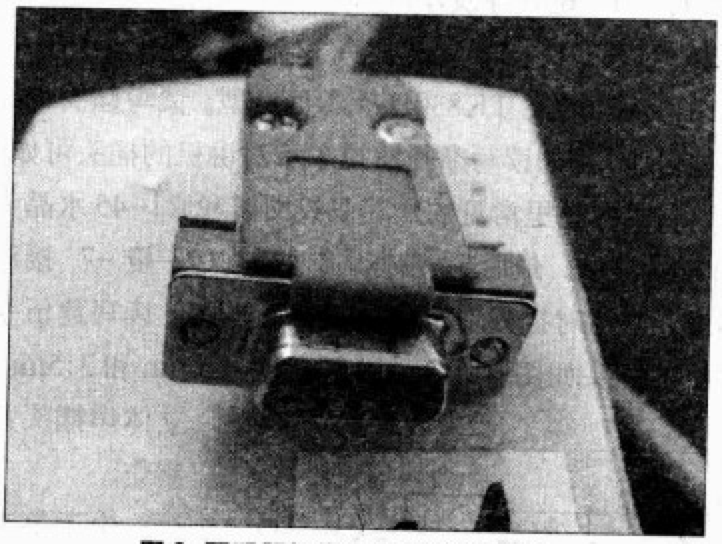


图8 写码器接微机的RS232插头

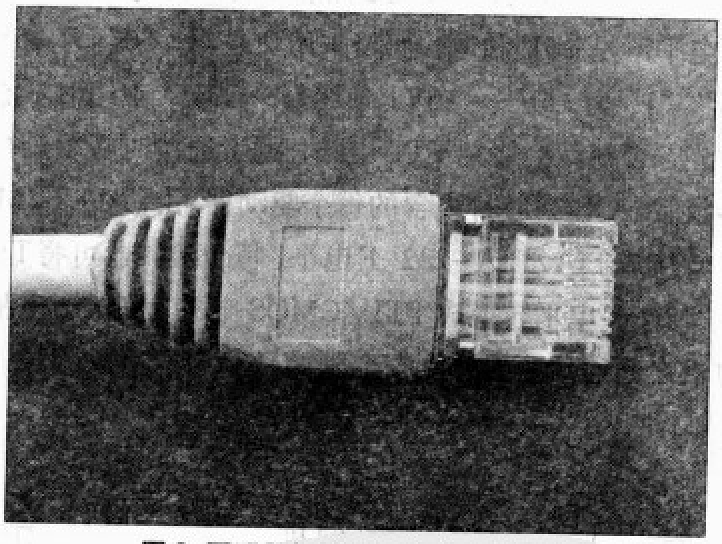


图9 写码器接摩托罗拉车台的插头

SB、电源指示绿色LED和摩托罗拉对讲机读写指示红色LED，读写插头也只装了适用于摩托罗拉车载对讲机的读写插头。写码器内部如图4所示，除了写码器电路板外还有一块供电电源板，写码器电路板如图5所示，图6是MAX232核心芯片，图7是开关电源板，实际采用的是可输出约8V直流电压的手机充电器成品电路板。图8是接电脑COM口的RS232插头，图9就是接摩托罗拉车载对讲机的读写插头实物图，因所用网线双绞线质地比较坚硬，实际使用时灵活舒适性略显不足。

写码器改进后使用起来有哪些好处呢？首先供电情况一目了然，插上220V交流市电后闭合开关SB，写码器面板上的绿色发光二极管就会点亮；其次能快速判断读写插头与对讲机接触是否良好，读写插头不插或没有插到位时，写码器面板上的红色发光二极管保持熄灭状态，一旦在对讲机上插好，对讲机不开机时就会点亮，对讲机开机时又会熄灭，这样就能有效避免因接触不良造成读写失败而浪费时间；最后是读写操作时数据传输十分直观，在读写时随着脉冲电平高低变化，写码器面板上的红色发光二极管就会闪烁不停，让人心里感到特别踏实，不再会因长时间读写时程序软件界面没有什么变化而惴惴不安。

业余无线电家

中国无线电运动协会

北京6106信箱　邮政编码：100061
E-mail: crsa@public.bta.net.cn
Tel: 010-67051200　Fax: 010-67050899
协会网站: www.crsa.org.cn

2008年第3期
总第56期

震区业余应急通信手记

文 / 本刊通信员

震后，笔者多次通过电话、电子邮件和四川的业余无线电爱好者联系，并两次前往四川，目的在于更多地搜集一些HAM在抗震救灾中的资料，希望从中总结出一些经验、教训，用于今后灾害应急通信。每次通话，都给了笔者一些启示和许多感动。两次前往，笔者共带回大量电台日记、上万字的回忆笔记、数千兆容量的照片、录像等资料。

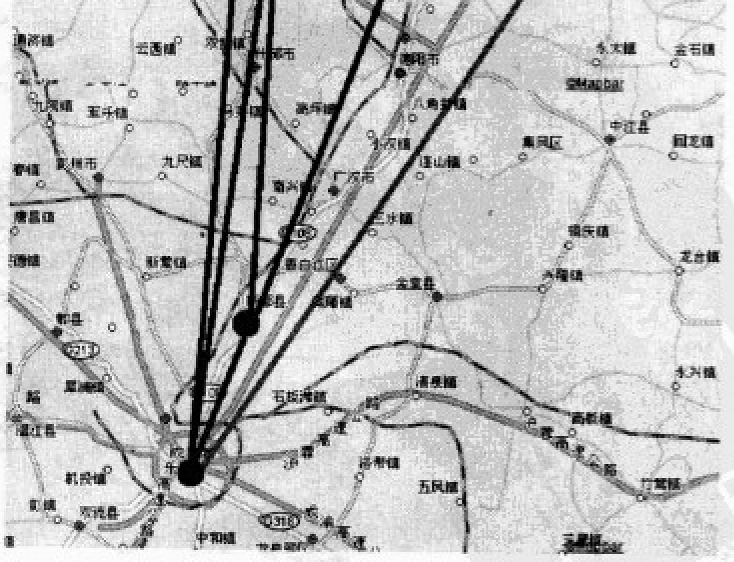
笔者逐一展开这些电台日记详细翻阅查看，日记非常凌乱，有的没有值机人姓名，没有日期和时间，有些记录只写了半句，甚至有的日记分不清纸张反正，乍一看让人不知所云。但是，细细地翻看下来，仍然可以感受到当时的紧张和激烈，事情众多，繁杂无序，信息是那么零碎，“成灌高速已开通”、“某地小灵通信号恢复”、“某地30多名老人要疏散”、“100多名儿童需要转移安置”、“某某俱乐部10辆车待命”、“某地还有人员被困，需要通知当地政府营救”、“某俱乐部车队启运食品、蔬菜、水”等。一场没有硝烟的战斗体现在每一个词汇中，相信这足以使当时的每一位值机员头疼不已，也足以使每一位观者感慨万千。

在地震之后，爱好者们想的只是如何把通信尽快恢复起来。当时成都市的两部中继台刚刚搬上电视塔两个星期，这是省无委会协助联系的。很幸运的是，在这次地震之后中继台没有损坏、断电，这两部中继台成为了唯一可以正常使用的“公众通信”通道。5月12日下午，部分爱好者商议

参与信息汇总和物资调配的无线电爱好者

应尽快建立应急通信网络，并于13日一早向四川省无委会作了汇报，得到了无委会领导的大力支持。四川业余电台应急通信指挥部于13日建立起来。指挥部在成立后的几天里，很快成为了信息汇总中心、车辆物资调配中心、外部救援力量引导中心和捐物中心。大量的信息收集后，被迅速分配给由爱好者组成的志愿队。从通信器材、抗震救灾物资的运输分发、伤员运送、工作人员接送到一个通信配件的传递等，大都由指挥部统一调配。据估算，指挥部在震后半个月的时间内，共调配车辆上万辆，各类物资上千吨，接收了大量内地与香港地区爱好者捐赠的物资。

绵阳市的中继台在震后全部中断了，绵阳爱好者冒着余震的危险，上山抢修了中继，先用汽车电瓶供中继台工作，之后一部加满油的发电机也被运到了山上，维持了中继运转。中继架在山上的一栋楼顶，楼房已在地震中成为了危

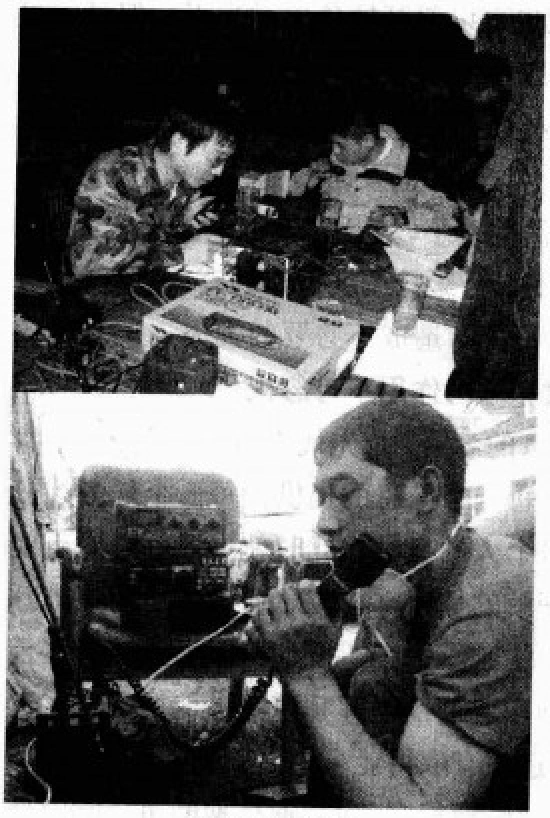


震区应急通信节点示意图

房，内部承重墙不少已经倒塌，但是绵阳的爱好者每天还要上楼为发电机加油，他们的精神令人敬仰。

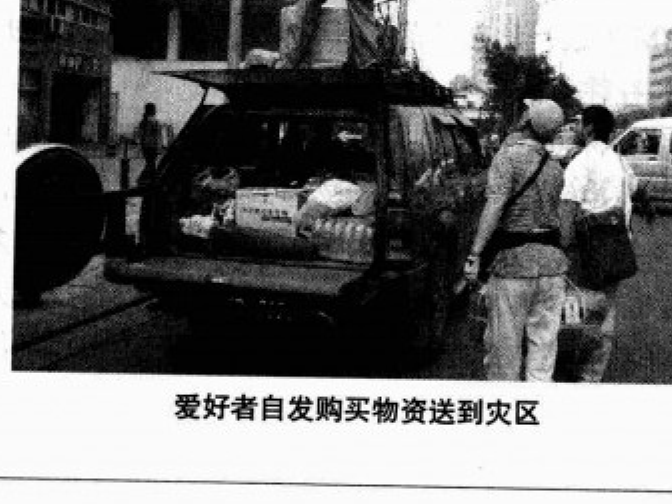
绵竹市的爱好者在地震后来到市政府抗震指挥中心，与市领导取得联系。他们用车载电台和手持电台组成中继，保障市抗震指挥中心与汉旺指挥中心之间的通信畅通。

各地爱好者不断捐献出自己的设备搭建临时电台或中继台，并使之与附近的中继台连接成网络。一张临时通信网在迅速扩张，一些使用效果较好的通信网络，很快被成都的应急通信指挥部宣布“征用”，纳入统一使用的大网络中。



忙碌的值机员

随着网络覆盖范围不断扩大，可以使用的信道不断增多，对值机员的需求也陡然增加。因为每个值班需要上千次QSO，有些问题需要记录下来快速处理，例如某人问某地路况怎么样，当地进出是否有限制，值机员就要迅速反应出当天是否有人去过该地区且报告了情况，并且迅速将当时的记录找出来告知；有人等待派发任务，就要迅速反应出有什么任务可以派给他。有些QSO看上去和应急通信没有任何联系，但是也要记录下来，因为不知道什么时候就会有人需要这样的信息。当频率上异常繁忙时，一个人根本不可能一边解答一边翻阅记录，也记不清楚是否还有过这样的信息，就需要有助手为其帮忙，帮助值机员翻阅记录，听抄信号等。



爱好者自发购买物资送到灾区

在最繁忙的日子里，轮班的值机员数量一度达到上百人，一些爱好者因为没有合适的人手替班，不得不连续作战。他们中间的很多人自己还有亲人下落不明，自己家中也受到地震灾害的不同影响，还有不少不远千里从全国各地赶来的爱好者参与抗震救灾。

“我们有时甚至不知道我们的后勤物资是来自哪里”，一位值机员这样告诉笔者。当我们通过业余电台应急通信中心发出缺少电台的消息，就会有爱好者突然闯进指挥部，将一部性能适当的电台放在桌子上，然后就离开了。当时成都市的通信器材已经到了脱销的地步，很多爱好者就把自己家的器材捐出来，能拆的设备都拆了，甚至上楼顶拆下了天线，几年攒下的“家当”全都捐了。“当我们在楼顶拆天线的时候，邻居家的小女孩听说我们是给灾区捐赠的，就拿着矿泉水在楼下等着，说要把水留给叔叔们喝，我们都很感动”。

当然，业余电台应急通信指挥中心也遇到一些困难，这些都是在平时想不到的。主要总结出以下几点：

一、与当地政府部门的接口问题

在最开始的几天时间里，业余电台应急通信指挥中心与当地政府部门不能有效地进行对接。最初当地政府或者找不到业余无线电爱好者，或者不知道业余无线电爱好者是何许人，不能相信他们所提供的信息是否可靠和需要。在这样的情况下，指挥中心掌握了大量的信息却不能有效传递出去。大家经研究果断决定，自成系统开始独立运作。指挥中心将收集来的信息向所有爱好者转发，例如物资的需求，爱好者就会自行采购之后，按照指挥中心的指示再送往需求地。当指挥部发布车辆的需求之后，就会有附近的爱好者主动领取任务前往。当需要通信器材时，就会有爱好者主动捐助出自己的通信设备，并经指挥中心调度车辆送达。应该说，这样的处理是对的，面对人民生命财产安全受到损失，不能因为接口不畅通而一味等待，浪费掉大家的热情和应发挥作用的资源。震后，指挥部主动为四川交通广播、共青团省委、市红十字会等部门提供了电台，使他们能够知道前方的一些情况。这又是一个正确的决定，政府部门很快认识到了业余无线电的用处，惊讶于他们提供出的大量信息和可以调配大量的社会资源，使业余无线电指挥部能够和政府部门对接，发挥出更大的作用。

二、爱好者的操作技术能力问题

很多爱好者入会时间不久，对业余电台的理解和操作技能还是很初级的，他们平时主要是使用车载电台聊聊天，还没有养成做电台日记的习惯，当某地中继台不能正常工作，或者当地通信不能覆盖时，这些技术问题就集中在有经验和技术的爱好者身上，或者由有经验的爱好者遥控指导。

由于很多业余电台在震中损坏，重新架设临时电台保持通信通畅就成为了爱好者的首要任务。加之部分政府部门、外部救援力量也陆续向各地爱好者组成的志愿团队求援，要求解决通信问题，技术维护力量在当时就显得捉襟见肘。指挥中心在努力分配、调拨通信器材的同时，通过业余电台遥控指挥，甚至每一个接头该怎么接，天线要怎么选择地形和架设，电池如何连接，开机之后怎么调整，都得一一告知，这样的过程一直持续到通信网恢复，当然这也成为部分爱好者很好的锻炼和学习机会。

三、电台设备功能不适于应急通信使用

地震之后，需要的通信设备主要集中在VHF和UHF，短波对这次应急通信的意义相对没有超短波大，但也并不是不需要，四川多山的地形决定了40m和80m波段的特殊作用。在地震之后的3天左右时间是特别需要短波通信的时期，因为灾区断路、断电，任何情况都没有，解放军还不能及时进驻一些地区，即使进驻的队伍，他们自己的通信也并不理想，只能是近似于维持状态，更不要说向外发布消息。因此，如果有爱好者能够尽快凭借地形熟、路线熟的优势进入灾区，将里面的情况传递出来，将是很有必要的。部分爱好者确实是在这么做的，他们背负着短波电台，或者开着载有短波电台的车子向灾区开进，将里面的部分消息传递出来。通过此次地震灾害，我们可以简单总结出，参与应急通信的HAM需要的是能随走随发、耗电小（待机不超过100mA）、体积小巧（超短波车载电台大小）、重量轻（全部附件在内不超过3kg为宜）、输出功率在15～20W，且功能简单、便于操作的短波全频段电台，这样在道路不通畅的情况下，才方便长时间背负行进。我们日常使用的短波便携电台，要么耗电大（例如ICOM706、YAESU857，待机时接近1A），或者设计功率小（例如YAESU817，设计功率5W），要么由于重量原因不便于长时间背负行进（例如BTW133和普通台式机）等。

不过从这次地震应急通信中我们可以看到，需要量最大的还是超短波通信。超短波通信信息量大，中继台可以逐层覆盖，覆盖范围可以被控制。而且超短波设备拥有量大，成为应急通信时的主要通信手段。当边远区域不能满足覆盖时，爱好者需要的是大量的便携中继台。根据四川山区多的实际情况，中继台往往需要的功率并不大，太大的功率虽然可以满足覆盖范围，但是上下行功率并不对等，也并不能满足实际通信。而且大功率的电台对电力消耗也很大，毕竟很多地方还没有通电，或者山头上本身也没有电。而背负大容量电瓶，或者携带发电机、油料上去都是困难的，况且非常时期加油可能也不是很随便的事情了。因此功率在1～3W之间，体积小、便携、重量轻、防水防尘、功能单一、成本低的VHF或UHF中继电台就成为需求。当需要时，爱好者爬上山顶将中继台往山顶的土地里一插，拉出天线就可以工作，满足2～3天的使用，之后因为成本低廉也不用有人值守或者着急取回。但是目前在市场上，并没有完全满足我们需要的应急电台出售。

四、缺少良好的通信用语，“聊天口儿”一时难以改正

业余电台日常钻研技术、互相通信，都是处于平和时期，每个人说话方式不同，在平时多是处于聊天的状态，电路上一个小小的功能也可以掰开揉碎地讲半天。但是一旦进入紧急状态，进入应急通信的状态，这样的“聊天口儿”就必须“关闭”。在应急通信过程中，我们的一部分短波值机员的这种“聊天口儿”却不能及时转变，一句话反复说，不能做到措辞严谨、简单明了，占用了有限的频率资源，拖延了通话时间。这样不仅会影响调度工作的有效进行，也将会浪费物资和人员的调配，造成不必要的损失。

五、应急通信时呼号的作用不可忽视

呼号是一个HAM的名字，首先代表着HAM的基本身份。在应急通信时，每一个信息的提供、每一个任务的分配、领取都要对应每个人的身份，此时就更显呼号的重要性，绝不像个别人理解的那样，在应急通信中不用报出呼号，这个想法是错误的。然而在震后的实际情况是，一些爱好者的电台也进入到应急通信指挥频道上参与抗震救灾工作，他们中间部分人还没有取得业余电台资格，也就没有业余电台呼号。按照我国法规规定，应急通信期间可以临时使用未经备案的设备。那么在这种情况下，电台实名制就是必要的做法，姓名和网络ID相比，更具真实性，也更具责任感和成就感，对于任务分配和完成有很大好处。

六、业余无线电爱好者的地域分布

从近几年的会员发展资料分析，四川地区的业余无线电爱好者主要集中在成都地区，其他各地市区县相对较少，这也使得成都能够成为此次业余电台应急通信指挥和支援的大后方。一个群体想要发展、有所作为，人员数量是不可忽视的。倘若在汶川县有1000部，哪怕300部业余电台，第一时间的信息传递也不会这么困难。但是从业余无线电发展规律来看，一个地区的HAM数量和经济发展水平密切关联，HAM发展是瓜熟蒂落、水到渠成的事情，操之过急、揠苗助长往往事倍功半。

地震灾害虽然已经过去将近三个月了，但是不能忘记我们的无线电爱好者们众志成城，共赴时艰，不能忘记在背后鼎力支持的全国广大HAM。需要总结的东西还有很多很多。笔者也仅是取得了部分资料进行分析理解，希望广大无线电爱好者能够结合自己的经历，提出自己的观点以供参考。

汶川地震 给我国ARES带来的启示

文/文翰墨
(BA1HAM)

在今年5·12汶川大地震中，我国四川省业余无线电爱好者为提供业余无线电应急服务做出了很大的努力，全国其他地区的业余无线电爱好者也通过各种方式予以支援，发挥了积极的作用。经过全国上下团结一致，英勇抗灾救灾，目前地震灾区已在恢复和重建之中，地震的损失和伤痛将随着时间的流逝成为一段历史。这次地震灾害给我国业余无线电界一次提高对ARES（业余无线电应急服务）认识的机会，尤其是关于如何储备ARES资源和如何最大地发挥ARES资源的效果的全局性认识，包括ARES与社会整个救灾工作的关系、ARES可能面临的环境、最迫切需求ARES的关键关节等。地震带来的启示应该被当作一种珍贵的教育资源，成为今后提高我国业余无线电应急服务实效的一种指导。下面谈谈笔者的一些认识。

▶ 回顾ARES的历史模式

业余无线电的主要活动内容是怀着对无线电技术的个人兴趣进行技术学习、训练和互相交流，培养人才、陶冶情操。当发生灾害时，还应该为社会提供业余无线电应急服务（Amateur Radio Emergency Service，简写ARES）。正因为它对国家和社会有这两方面的贡献，各国政府允许业余无线电爱好者无偿使用业余无线电频率资源。

由各国政府电信主管组成的国际电信联盟ITU在国际法《无线电规则》中明确阐明，允许并鼓励业余无线电爱好者在突发灾害时利用平时训练的通信技能为社会提供业余无线电应急服务，并把允许为救灾应急通信而进行国际间第三方转信作为缺省状态。国际电信联盟编制的《应急通信手册》则把业余无线电服务专门列为一章。很多国家的业余无线电组织早就有定期开展宣传教育和动员训练的传统，国际业余无线电联盟IARU各区域组织也于近年设置了应急通信协调组织，加强了应急通信的宣传和国际性训练，并召开了全球业余无线电应急通信会议。我国自2002年开始组织全国性ARES训练以来，每年都开展全国性和地域性的ARES训练活动，并向IARU三区的救灾通信委员会（IARU R3 Disaster Communication Committee）指派了代表，业余无线电应急通信服务已经成为我国很多业余无线电爱好者的日常话题。

业余无线电应急服务在世界上有着悠久的历史。

1985年墨西哥城地震至少9500人死亡。当时这座1800万人口的城市与外界的所有电话、传真等通信全部中断，业余电台XE1N成为向外传达信息的唯一渠道。

1995年日本阪神地震、1999年我国台湾地区9·21地震、2001年美国9·11恐怖事件以及多次水灾、森林大火等灾害中，当地业余无线电爱好者在协助专业救援队伍通信、为疏散分离的家庭沟通平安信息、向灾民传递生活指导信息等应急通信服务中都发挥了积极的作用，美国业余无线电爱好者还在受灾中心快速随机移动的龙卷风灾害中及时报告灾情动向。

2004年东南亚海啸发生后，印度阿达曼和尼可拔岛的水电供应和正常通信全部中断，正好在岛上进行DX远征活动的业余电台VU2RBI和VU2MYH分别在两岛帮助当地政府提供了对外的应急通信联络。当时泰国旅游胜地普吉岛沿海地区正常通信也全部中断，当地业余无线电爱好者为政府机构、医院和沿海受灾社区提供了通信服务，并通过EchoLink系统为灾区对讲机和首都曼谷提供了应急信道并将情况转送给媒体。

我国在自然灾害中的业余无线电应急服务始于1991年南方水灾，当时江苏省集体业余电台BY4RSA与国际业余无线电救灾网络取得了短波联络，得到了国外业余无线电爱好者筹集的装满一飞机的药品，苏州市集体业余电台BY4SZ的业余无线电爱好者还配合抗洪部门在防汛一线提供VHF通信服务。1999年我国台湾省地震时，福建省BY5RSA组织了特别网络，协助海峡两岸的亲人传递平安信息。

今年汶川地震中，四川省和全国业余无线电爱好者开展了卓越的ARES工作。

从这些实例中，可以把ARES的作用归纳为一些主要模式，例如：

1．突发重大灾害、灾区与外界的常规通信被破坏时，将灾情在第一时间传送到政府相关部门或专业救灾机构，为政府或军队等救灾主力的决策提供依据；

2．突发重大灾害、急需生命救援时，在第一时间内为当地政府及有关救援和医疗指挥机构提供应急通信服务，形成临时救援调度通信系统，以及在待救者与本地民间自

救及互救力量之间提供通信服务，提高第一时间自救互救的效率；

3. 为开赴灾区的外来专业救援力量提供系统内部或者不同系统之间的调度和协调通信服务；

4. 外来救灾力量开抵灾区现场后，为其建立与灾民社团之间的协调通信服务，提高救灾工作效率；

5. 为灾民提供应急生活指导、寻找失散家庭等通信服务，稳定灾区社会秩序；

6. 向外界报告灾情，以满足外界了解灾情的需求；

7. 向外界报告灾区的困难，以便其他地区民众做好后援。

各国家和地区具体情况不同，ARES在不同模式中所能发挥的作用大小也不同。或者说，不同国家和地区的社会对ARES的需求重点有所差别。例如不同国家专业救援队伍的规模和响应力度不同，业余应急通信通过为高层决策提供信息所能起到的作用大小就会有很大差别。又例如有些国家的私有新闻媒体机构缺乏直击重灾现场的力量，业余无线电在向外界报告灾情所能发挥的作用就多一点。

当然，不同类型、不同强度的灾害以及不同的具体环境对于ARES的需求也会各不相同，业余无线电界不能按照单一的方式来做ARES的日常准备。但是通过分析国情大环境，找出社会最大需求的可能，使我们的日常准备不脱离、不遗漏最能发挥实效的模式，不但可能，而且必要。

▶ ARES能发挥最大作用的两项主要任务

我们不难从5·12汶川地震和我国近年来一些大型自然灾害的救灾实践以及国家为预防突发灾害事件所采取的措施看到我国的特点，那就是国家政府对灾害的响应速度快，处理重大灾害的决策果断、周全，军队和专业救灾队伍精神顽强、实力雄厚、配套完备，全国的资源调度流畅，媒体全面深入现场实时报道的能力强大，全国动员全面、深入。一般讲来，随着政府组织的军队和专业救援队伍的挺进，他们的指挥通信系统必然会跟进。此外，我国移动电话用户数量多达5亿，是无线电公众移动通信的世界第一大国，随着专业救灾队伍的开进，修复公众移动系统的速度也很惊人。

我国的上述特点决定了突发重大灾害时我国业余无线电应急服务能够在生命救援中发挥特别重大作用的两个关键点是：

第一，在其他通信手段瘫痪时，在第一时间内将灾情上传到上级行政部门或相应救灾部门，例如省、自治区、直辖市乃至国家的政府办公厅、民政部门，以及红十字会、地震、防汛、公安消防、医疗等组织和单位。

这项任务的完成，主要依靠灾区幸存的业余无线电通信资源，包括业余无线电收发信设备、天线、电源，以及操作、现场架设维修人员。有些灾害中VHF/UHF中继链受破坏的概率比较高，如果在灾区无法了解自己与整个受灾范围的关系，也就很难判别是否可能依靠VHF/UHF中继链顺利沟通上级行政机构所在地。因此平时需要准备的首选设备方案之一是短波SSB/CW业余电台，包括容易在局部受损时很快现场恢复的简易天线、馈线和备用电源，以及足够的附件。

第二，在其他通信手段瘫痪时，在第一时间内因地制宜地为当地政府机构和救援组织提供通信服务，以及开展灾区自救、互救提供必要的民间应急通信服务，例如报告待营救对象位置和需求、报告身边可发挥救助作用的资源等。

第一时间内的就地业余通信服务是没有其他通信力量可以代替的，应能为分秒必争的生命救助发挥极其宝贵和重大的作用。这主要是VHF/UHF的FM通话。试设想如果汶川地区的业余无线电普及率很高，一定比例的受困者随身携带着对讲机，获救的概率将会有极大的改善。

然而要充分发挥这种通信的效率，可能会有相当难度。首先是技术的限制：中继台可能受损；即使中继台完好，中继频率的信息容量也有限。其次是综合条件的限制：如果灾害十分严重，正常的行政指挥和本地救灾系统可能被破坏，需要救援者不知道可以联络到谁，也不知道哪里有所需的救援资源，如果大家在同一应急频点上寻找合适的通联对象，信息流量负载可能太重，而如果大家改用不同的频点，那么求助信号被接收到的概率又会降低。所以，日常习惯的通信秩序和社会环境被突然破坏后，要立即自动建立一个理想的人工转信网络会遇到很多实际问题。

当然除了上述第一时间的特殊作用外，在整个救援系统逐渐形成，尤其是政府、军队和专业救援队伍部署到位后，灾区的ARES也还是有很多其他任务要做，例如为民间志愿者救援队伍提供协调通信、为灾区临时管理机构和灾民之间提供沟通渠道、为灾民寻找失散家庭成员提供通信服务等，这些对于提高救灾和恢复的工作效率、稳定灾区社会秩序都具有很大意义。

至于通过业余电台向国内其他地区和其他国家业余电台交换与救灾有关的信息，也总还是业余无线电应急服务的一项常规内容，尤其当重灾区要求附近的民间力量作为救援后备，而灾区与后备区之间的常规通信中断、VHF/UHF通信超出视距传播覆盖范围、短波通信处于越距区时，全国性短波业余无线电应急台网的人工转信将会发挥一定的作用。

▶ 关注重点之一——业余电台普及率

对ARES的第一个关注重点，是提高业余无线电活动在所有地区的普及率。业余无线电爱好者在突发灾害中的幸存概率和所有其他人没有差别，像汶川地震这样的灾害降临如此迅猛、普遍，如果平时没有相当的业余电台普及率，ARES是不可能随时出现在最需要的时刻和地方的。

▶ 关注重点之二——每个业余电台的日常操作训练

别人都倒下时自己能从容地背上电台和小板凳，爬到山顶按照平时演练的套路和联络程序呼叫CQ，虽然这种机会并非绝对没有，有时也真需要这样做，但一旦灾情严重到特别迫切地需要ARES时，恐怕开设和操作业余电台的条件将比这种场景还要恶劣，即使平时准备了很好的设备，灾害来临时可能不在手边，或者设备、附件、备用电源损坏，面对的只是收发效果极差的临时天线、没有中继的微弱信号、勉强工作的电台，或者只能是随身携带的一台功率微小的手持对讲机，而且还要面对大量其他未知因素：不知道受灾的范围有多大，周围的情况是否更严重……在客观硬件条件的限制下，决定性的因素就是个人的能力和技巧了，例如抄收恶劣信号的能力，用最少的词汇清晰地呼叫、联络和表达清楚最重要信息的能力，掌握“火候”进行呼叫，直得到他人回答，但又要尽量少占频率以便给予他人更多的求援机会，以及在没有网络主控、没有中继台、人人都有话要讲、情绪极其紧张和激动的情况下，平静地根据他台信息和自己的环境正确决定自己行为的能力。这些素质和技巧实际上正是平时提倡的业余精神的延续。因此业余无线电界应该最注重的应急通信训练，实际上就是每位业余无线电操作者平时的联络技巧和思想风格，以及规范化的通信语言、对本地行政和有关救援单位的了解和联络能力、与其他灾民之间的沟通和协作能力，使每个人都善于在任何情况下自动维持频率的使用效率。

▶ 特殊技术准备

为了应付突发灾害，除了每位业余无线电爱好者做好思想、技术和装备上的准备外，业余无线电爱好者群体可以在平时根据当地特点为ARES做一些特殊准备。

例如复杂地形对VHF/UHF通信覆盖范围有着很大的影响，过去我国一些业余无线电爱好者群体曾讨论过ARES用低空系留气球搭载临时小功率中继台来克服的方案。又如有国内爱好者曾设想在法规允许的频率普及微功率救生示位信标以及普及型无线电测向机。

设计、推广、熟练使用规范的全国ARES通信规程和语言也是提高ARES效果的重要技术准备之一。业余无线电通信由于信道频带的限制，音频质量与广播节目是无法比拟的。航空通信、军事通信等常常通过规范用语来避免使用带有较高音频频率的摩擦音的文字和可能引起歧义的词汇，这种带有专业风格的通信可以极大地改善话音通信的综合质量。中国ARES也应该有自己的、容易普及的、具有专业水平的规范语言来有效地提高通信效率。此外，业余无线电通信的信道容量有限，操作人员如何对所需要的发出信息的重要等级进行排序，如何在呼叫和联络时用规范的简捷方式预告自己待发信息的重要程度，对于有效利用信道也会具有重要意义，因此还应该有ARES专用的通信流程。

▶ 认识演练和实战需要的关系

ARES好比打仗。一支军队可以有一个仪仗队，可以搞一些以宣传为目的的演习，业余无线电界也有必要通过一些演练来向社会和业余无线电爱好者宣传应急通信意识。

就演练本身而言，组织者自己首先应该明确演练和实战的关系，在演练的同时决不忘强调开展ARES训练要立足于满足实战需要。演练的内容可以包含ARES实战所需要的多种内容，但重点应面向可能发生的最困难条件。例如全国型演练以全国所有业余电台都可以参加的、依靠最基本的设备的人工转信作为演练的基础内容之一。

有些朋友设想业余无线电界是否要建立一种层次型的、不间断的日常ARES监听网络。这个设想虽好，但近乎于职业化，要求一部分爱好者不停地轮值监听是否有业余电台呼叫救灾求援，很难长期坚持。ARES是一种充分利用业余无线电爱好者的民间技术力量的服务，它的效力要靠足够的业余无线电普及率作为基础。只要全国每个地方都有业余无线电爱好者可以作为突发灾害一线的无线电应急通信服务者，同一时间内也就总可能会有业余无线电爱好者在业余频率上守听。一旦有情况，不难通过电话、互联网等其他手段很快动员出更多的支援力量。要保证突发灾害时的ARES呼叫不被漏听，必须要靠业余无线电界的整体发展。

我们需要什么样的业余应急通信

——业余应急通信组织和通联之我见

文/陈衡（BD5RV）

四川汶川的5·12大地震让很多人的目光集中到了业余无线电应急通信（Amateur Radio Emergency Service，ARES）。当地的爱好者反应迅速，在第一时间为救灾提供了力所能及的通信支持。6月下旬德国菲德烈斯哈芬业余无线电节前召开的GAREC08（全球业余无线电应急通信会议）专门介绍了四川业余无线电爱好者的事迹，他们的事迹赢得了与会者广泛的赞扬。我们可以看到，此次四川的应急通信是爱好者自发努力的结果，作为一个后备通信力量，业余电台应急通信与救灾部门在一开始时互动不足，导致在通信的组织上不能最大限度地发挥优势。此外，当前国内爱好者对灾害通信的认识尚浅，缺乏培训知识和实践经验。笔者参考了各种国内外资料，试图提出一个应急通信组织和通联的蓝本，供各地在开展相关活动时参考。

ARES启动时机

一级响应：如5·12大地震等重大灾害，需大规模动员。

二级响应：一般区域性的洪水、台风或是对社会事件提供协助等，由各地动员。

三级响应：一般车祸、人员遇险等（只适用于没有其他公众通信手段的前提下）。

对于一级和二级响应，灾区发生断电情况，普通电话系统（包括固定电话和移动电话）和互联网失效无法使用，国家和当地应急指挥系统将主动予以支持。

业余无线电应急通信服务志愿者

志愿者的资格

持有业余无线电台操作证书，并取得电台执照和呼号；接受并通过ARES训练和测试；自愿签署ARES志愿声明。

志愿者的应急任务

1．当紧急情况发生时，直接在当地应急呼叫频率报到，接受指挥中心的任务调度。

2．当接获赶赴灾区的任务时，应于指定时间内携带装备出发。

3．ARES队员抵达灾区后，应先以应急呼叫频率向指挥中心报到，接受灾区指挥中心调度。

4．若灾区指挥中心尚未建立，应先向灾区指挥中心所在地行政指挥（当地政府、救灾指挥部等）报到，了解灾区最需要通信支持的单位，按要求赶赴该单位架设应急通信电台，并担任通信主控，同时与指挥系统联系，要求支援。

5．ARES在灾区支持优先级（建议）：行政系统（当地政府、救灾指挥中心）－医疗系统（永久及临时性的医院、救护站等医疗机构）－消防系统（搜救过程中的通信支持）－警政系统（社会治安通报）－收容系统（传递受难群众资料和救灾物资资料）。

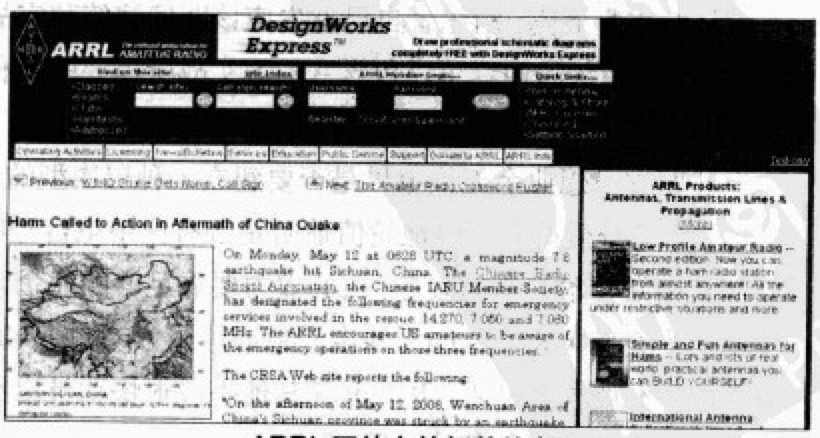
6．ARES志愿者仅仅承担“通信兵”的角色，任务包括架设电台、空中通信指挥、信息传递等技术性服务。队员禁止在当值期间涉及非通信的任务。

7．除非应急任务取消或接替人员抵达并确认其能力无误，同时经指挥系统同意，否则ARES队员不得擅离职守。

8．未获任务指派的志愿者应保持守听，协助主控传递信息，并随时接受任务。

ARES通信的内容

虽然大部分紧急状态下的业余无线电通信随机应变的成分居多。但通信的内容实质还必须加以正式的书面记录。



ARRL网站上的相关信息

在救灾帐篷外架设天线

ARES 使用呼号

1．使用临时配发呼号：在指定地点所架设的业余电台，可依据需要指配临时呼号；

2．使用集体电台呼号：尽量使用所在地集体电台的呼号，以便识别；

3．在以上两个条件都无法满足的前提下，可使用个人呼号代替，但需加上所在地名称以便识别，呼叫方式如下：

i．“这里是 BA4RS，在江苏省人民医院”

ii．“这里是 BD4RJC，在南京红十字会”

ARES 使用模式

业余无线电爱好者都有自己对频率模式的喜好。但在应急通信中，对波段模式的选择应该根据需要全面考虑。各种模式相应的优势如附表所示。

一个组织良好的应急通信团队应同时准备好电报、语音和数据模式，以利用所有上述优越性。当然，我们还要因地制宜。如果通信模式不对的话，我们通信的效率将大打折扣。

ARES 网络通信

紧急事件发生后，建立起 ARES 应急通信网络是队员们的首要任务。如果 ARES 队员已有事先规划好的责任分工，则应迅速前往该责任地点报到，并于空中向主控电台报到。其他 ARES 队员应随时在空中待命。有能力者，经协会指挥系统调度，可前往指定地点架设或支持架设应急业余无线电台。

如果正常通信并未发生中断，整个网络只先进行报到手续。确认 ARES 网络正常无误后，全网等待。除非有情况发生，否则以守听为主。

ARES 网络的组成

主控台：ARES 成员，进驻指挥节点，或经上级主控指派为地区网络的主控，要求信号优良。

副控台：ARES 成员，对网络运作熟悉，能够协助主控维持应急通信网络的正常运作。

网络成员台：ARES 成员，依据指派进驻各指定地点。

灾区业余无线电应急通信指挥中心

求援电台：灾害发生后需要求援的电台，或是传递求援信息的电台。

任务电台：热心参与救灾的电台，辅助其他任务的执行，比如运输、救护等。

一般电台：其他业余电台。

1．主控操作

◆ 主控台需要熟悉整个 ARES 网络的节点，以及整个网络结构。

◆ 主控台一到位就进行报到手续，接受所有节点的报到并逐个点名，以确认成员和可用的资源。必要时指定几名副控协助。

◆ 主控台在交接时必须对事项逐一确认。

◆ 主控接受任何人的呼叫，依据情形相应处理。

◆ 主控转达上级指令给各网络成员（节点），遇有任务电台，可马上指示。需长时间占用频率者，请改频，同时副控伴随改频以确保改频成功并协助发布消息（在改频后的频率）。

◆ 一般电台呼入，在网络繁忙时，应改频并向其告知最新情况，并请该台尽可能守听，并遵守主控的指令，随时协助中转微弱的信号。如果网络比较空闲，可进行简短的告知，但若该台有问题要问，则请其改频，由副控处理。

◆ 遇求援电台要求支持，应立即中断所有程序马上处理，并立即了解以下信息：求援者姓名、呼号，求援者电话住址，事故类型，事故地点，伤亡程度，目前状况，需要何种支持。

◆ 告知其在频率上等待，非主控呼叫不要回应，以保持电力和通信状况。

◆ 如果求援电台密集出现，副控可迅速插入协助（主控询问，副控抄收并上报）。

◆ 紧急求助事件如果发生在有成员电台的地区，应迅速授权该网络成员处理并净空网络。

2．网络主控注意事项

附表 各种模式的优势

CW电报	语音模式	数据模式
较少的干扰	易于便携和移动操作	CW电报模式优势第一和第二条以及语音模式的优势第二条
有一定保密能力，通信内容不易被公众收听并翻译	操作员易寻	对于记录式的通信内容速度更快
要求设备简单	下达指令速度快	多数情况下带有通信纠错能力
对于记录式的通信内容准确率高	易被公众理解	能够存储信息并转发将灾区信息以接力的形式加以传递
在给定功率下通联距离更远	可连接电话网	能够利用数字中继自动完成接力

（1）熟练使用Q简语和缩语。

（2）注意ARES启动时机。

（3）详细记录登录呼号和交换的信息。

（4）落实报到的频率和改频频率。

（5）不得越权。

（6）明确任务分配和信息传递。

（7）值机、休息和交班要确认。

（8）任务交接或结束之前要完善并确认所有记录。

3．副控的操作

需有相当的主控能力，熟悉网络运作，经常参加演练并担任主控，以培养彼此默契。

4．网络成员的操作

时时关心应急通信网络，并保持整个通信系统的畅通，协助传递上级信息，协助所在单位的信息传递。

灾害通信期间的注意事项

减少噪声

灾区许多电台的信号微弱，保持频率上的安静十分必要。除非ARES网络主控电台出面组织，否则不要擅自在频率上发射。不要仅仅为了让别人知道你的存在而随意插入救灾网络的通联。

监听救灾频率

不但要监听全国的救灾频率，也要监听本地的直频和中继频率，保持与其他协会会员和爱好者之间的日常联系。大家互相越熟悉，在灾害中就越容易互相帮助。各地应准备符合当地实情的应急响应计划，并与全国性的计划相整合。

避免传播流言

因业余无线电波段与其他公共服务波段一样被多方收听，所以再次强调业余无线电爱好者在应急通信中只扮演“通信兵”的角色。因此，爱好者只能传递由所服务的机构要求传递的信息，不得加以扩展、修改或夸大。所有传递的消息必须以书面形式并由负责人签署，以免口头传递造成的曲解。

对所传消息进行身份验证

如上所述，所有需传递的原始消息必须经过下达／请求人的签名。签名中应包含所服务的机构名称和职位，业余无线电应急通信网的成员不得主动发起任何消息的传递。

注意：不要发送任何未经授权和签署的正式信息。业余无线电应急通信服务的目的是传递信息，并不对信息内容负责。

聪明地利用所有通信管道

虽然我们都是业余无线电爱好者，但应急通信的首要目的是应急救援的通信保障和减少生命财产损失。因此，业余无线电始终应被放在第二位，尽可能地使用常规通信手段完成应急救援通信。

不要进行任何“广播”

普通民众也可能会收听业余无线电的通信，但业余无线电应急通信网不应承担任何广播电台的职责。我们的目标是进行通信。

提高工作效率

当紧急情况发生以后，有些爱好者会异常兴奋甚至有人要做不眠不休的英雄人物。其实，应该合理安排人力资源，而避免消耗某一两个爱好者的健康和效率去24小时不停地运转一个电台。更好的方案是组织一批电台，并安排最佳位置和设备的电台轮班，并由最有经验的操作员值守以减少干扰，保障通信。

保持良好合作并随时记录

所有ARES队员应与驻地的人员保持良好的关系，随时准备笔纸对通信内容进行记录。必要时准备一台录音机，一有情况就开始录音。

在我国，业余无线电应急通信服务还有很长的路要走。5.12大地震为我们敲响了警钟。希望在中国无线电运动协会的领引下，我们能够建立起行之有效适合我们国情的应急通信网络，为社会做些贡献，也为我们自己增添一份保障。

漫画 反面典型

文/马长有（BG2ACA）

组建业余无线电追踪系统
——APRS的应用

文/荣新华（BD6CR）

四川大地震发生后，引发了一场大讨论，如何才能让业余无线电在抢险救灾等环境下更好地发挥作用？

业余无线电应急通信可以采用“主控台+各小分队”的通信模式，通过小分队报告位置，介绍情况，然后主控台统一协调指挥。目前的业余无线电应急通信还主要以语音通信为主，语音报告位置不容易描述清楚，而且容易占用紧张的频率。如果在普通对讲机、车台等设备上增加一些小设备，使之可以自动发送位置信息，主控台接收到以后就可以在电脑上一目了然地追踪各小分队的位置，更好地协调指挥。如果主控台还可以将这些小分队的信息通过因特网转发出去，协会总部和各地的爱好者都可以实时地了解情况，以便提供必要的建议和支援。

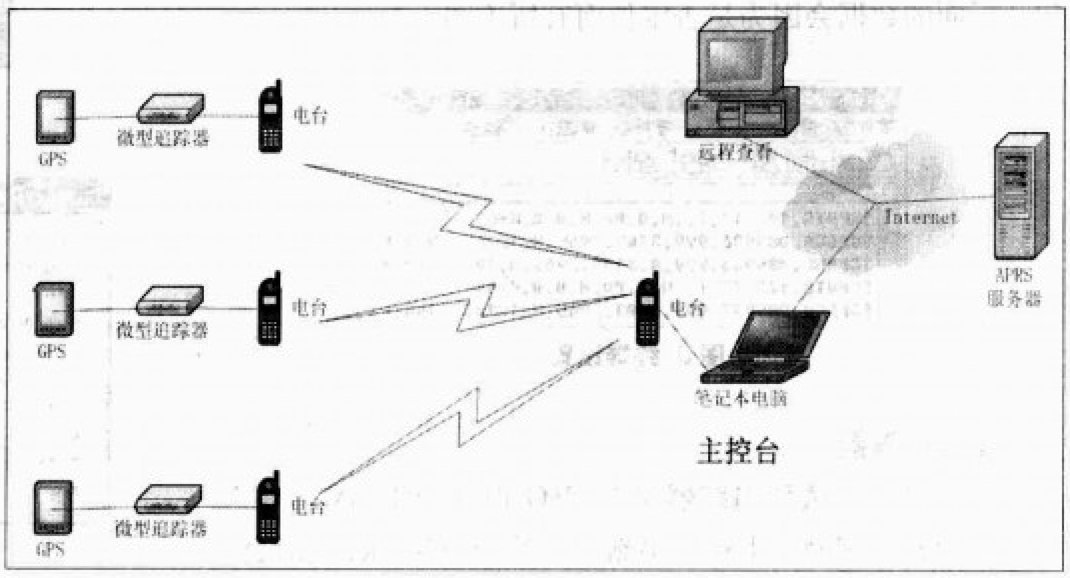


图1 自动位置报告系统的组成

相信大家已经猜到了，我们说的正是自动位置报告系统APRS的位置追踪方面的应用。这个系统的基本原理是：

● 发送者自动和自发的公开发送自己的位置信息，接收者可以查看到任何接收到的位置信息，发送者和接收者地位对等。

● 发送的媒介可以是业余无线电，也可以通过任何因特网媒介，比如局域网、无线局域网、广域网（如GPRS、CDMA 1X等）。

● 发送者的位置经纬度一般是由GPS接收器获得的，如果是一个固定的电台，也可以由发送者手动输入经纬度数据。

● 不同电台的位置信息是以呼号加编号的方式加以区分的，并以发送者指定的图标类型显示的，例如，发送者除了可以将自己命名为BD6CR-9外，还可以指定在接收者地图上将自己显示为一辆小汽车。

● 接收者查看的方式可以是通过安装客户端软件，也可以通过WEB网站等方式。

● 现有的客户端软件功能各异，但是往往都包括了发送位置信息和接收位置信息并在电子地图上显示查看的基本功能，并同时支持无线电和因特网两种通信接口。

本文介绍的主要内容是如何在野外环境，特别是当公共通信网络都处于瘫痪的情况下组建一个业余无线电追踪系统，该系统的构成如图1所示。我们将分别介绍小分队节点、主控台节点的推荐配备和简要使用，然后说明远程查看的方法。

小分队节点

小分队节点的推荐配置以简易实用为原则，满足将小分队的位置数据发送给主控台的要求。具体的配置为：GPS接收器、微型追踪器和原有的电台，单台增加的成本仅为几百元。如果条件允许，也可以使小分队有接收和查看位置的功能，但是装备成本就会大大增加。

GPS接收器

GPS接收器（图2）可以是手持式、车载式或用OEM板自制，要带NMEA-0183格式输出，波特率是4800波特，电平格式是RS232或反向TTL电平，一般要求GPS接收器输出GPGGA和GPRMC语句。实际上，NMEA-0183是GPS接收器最基本的输出格式，一般都支持，可能大家唯一要做的是从多种输出格式中选择NMEA-0183。

图2 GPS接收器

为了验证手头的GPS接收器是可以使用的，可将输出电缆连接到计算机的串口，假定为

COM1，打开Windows自带的超级终端程序（开始－程序－附件－通信－超级终端），在“连接描述”窗口，输入新建连接的名称，如“GPS”，按“确定”，在“连接到”窗口，选择“连接时使用”为我们假定的“COM1”，按“确定”，在“COM1属性”窗口，选择“每秒位数”为“4800”，选择“数据流控制”为“无”，按“确定”，这样我们就完成了超级终端设置。如GPS接收器正常可用，会显示类似于图3的信息，其重点是要看是否有$GPGGA和$GPRMC等语句，后面的数据会因为是否定位而有所不同。

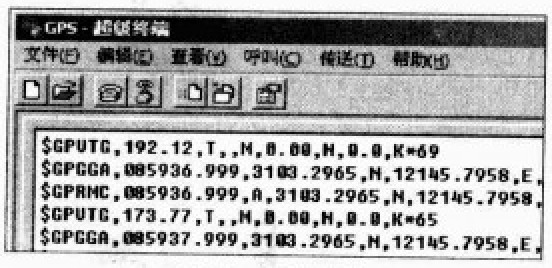


图3 终端设置

微型追踪器

一个典型的微型追踪器是N6BG设计的TinyTrak（TT），他在公司网站上销售最新版本的TinyTrak，同时公开了低版本的所有资料。TT是基于单片机的一个接口板，它可以读取来自GPS接收器的NMEA－0183格式数据，从$GPGGA或$GPRMC（视TT版本不同）语句中解析出经纬度、高度等数据，然后组成APRS格式的数据帧，再调制成AFSK信号，并通过PTT线控制发射机进行发射。TT经历了4代的发展，已经具备较多的功能。资料全部公开的TT1.4已经具备基本的功能，当然也可以在相同的硬件上换插更高版本的TT3芯片，TT4与前三代差异很大，不可互换。TT1.4所有资料的下载地址为www.byonics.com/tinytrak/tinytrak.zip，压缩文件中Tinytrak.hex为单片机烧录文件，TinyTrakConfig.exe为运行在Windows下的配置程序（这个程序可通过串口连接TT进行参数配置），TinyTrak.pdf为说明书，包括电路图、元件清单、操作说明和调试方法等内容。

如果自己动手制作硬件，制作方法请参考上述资料，不再赘述。这里介绍国内两位爱好者制作的TT。图4是

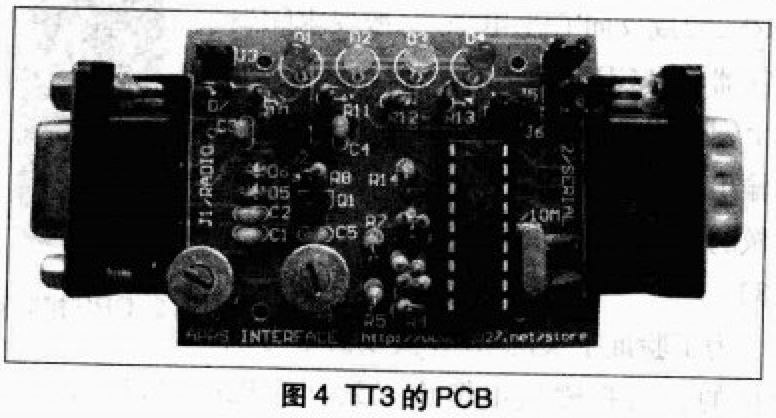


图4 TT3的PCB

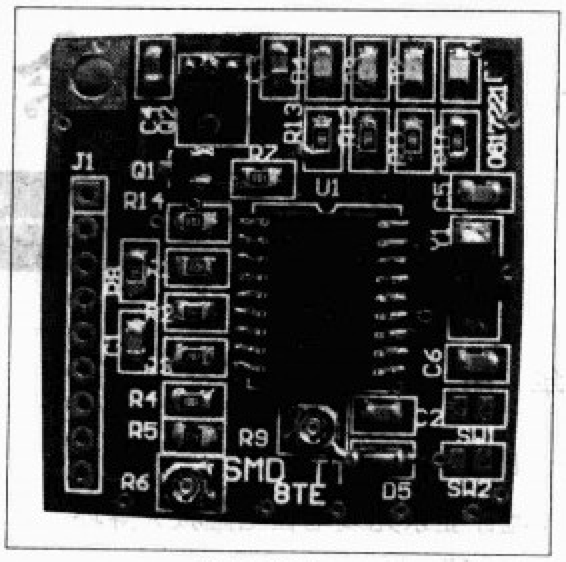


图5 贴片TT

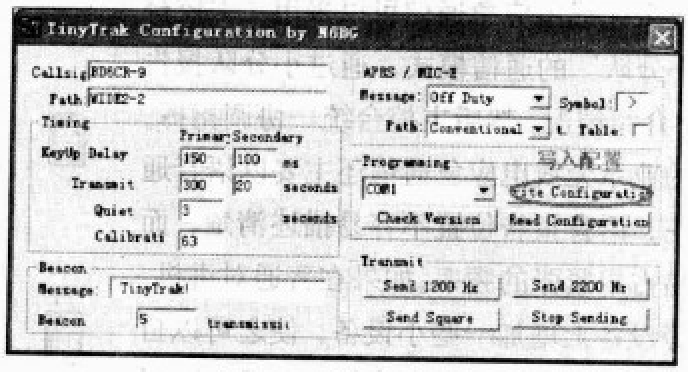


图6 TT的配置程序

BG6QBY按照TT3线路设计的PCB，其特点是既可兼容低版本的公开的芯片，又可以支持高版本的TT3芯片。图5是BD8TE制作的贴片TT，体积更加小巧，可以方便地固定在一些车台的内部。

在投入使用前，需要运行配置程序TinyTrakConfig.exe，通过串口（请使用交叉串口线将TT的串口J2默认连接到PC的串口COM1）对TT进行配置，配置界面见图6。配置的主要内容是Callsign，只需要将自己的呼号替代BD6CR即可，其他可复制图中设置，然后点“Write Configuration”将配置写入TT。

配置完成后即可连接GPS接收器和电台。以TT3的电路板为例，TT有两个接口，一个是串口，可以通过交叉串口线连接计算机串口进行配置或者直接连接GPS接收器获取经纬度等数据，另一个接口是电台接口。其具体定义见本期光盘中的附表。

TT的J1连接发射用的电台，频率调节到中国的APRS推荐频率144.640MHz。

有些爱好者，如BD7LM等，为了使用方便，改造了话筒，将GPS接收器、TT一并放在手持话筒中，可以很方便地使用这种模式，见图7。

图7 改造的话筒

主控台节点

主控台的基本配置要求可以接收来自小分队的位置数据，并可以在电子地图上显示出来。具体的配置为：电台、声卡与AGWPE软件、电脑并运行APRS客户端软件。

AGWPE和音频连线

希腊爱好者SV2AGW编写了AGWPE软件，利用计算机声卡和自制的简单硬件接口，做成类似无线调制解调器。在我们的方案中，我们把AGWPE只作接收解码用。

最新版本的AGWPE的下载地址是www.sv2agw.com/downloads/agwpe.zip。

AGWPE使用的硬件接口没有什么特别，基本上所有使用声卡的图像、数据或语音通信软件都使用这个通用接口。如果只是作为接收，可更加简单，将电台的扬声器输出线连接到声卡的MIC输入，调整一下电台的音量电位器和声卡的录音属性，使接收到APRS数据时波形占满幅的2/3左右即可。

APRS客户端软件

目前比较流行的Windows下的软件有AGWTRACKER和UIVIEW32，两者各有特点。AGWTRACKER是AGWPE的作者写的，它的特点是对双字节语言支持得较好，地图的支持较全，特别是对Google地图等在线地图的支持，可以免除用户没有地图的烦恼，另外对没有呼号的使用者比较友好，不太有严格的控制。UIVIEW32虽然由于作者的去世停止了继续开发，但是笔者认为它仍然是迄今为止最好的APRS客户端软件之一，它功能非常强大，特别是IGATE和DIGIPEATER功能，适合于更加专业的应用场合。

UIVIEW32已经有汉化版本，笔者汉化的程序界面如图8所示。UIVIEW32可到www.ui-view.org/uiview32/fullinstall/32full203.exe免费下载，但需要经过注册后才可以使用，合法的业余电台爱好者可通过电子邮件获得注册码，电子邮件地址是jalogs@jalogs.com或bd4os@chinaham.com，邮件标题务必写成“UIVIEW32 reg”，邮件内请用英文提供如下信息：呼号，姓名，通信地址，电话号码，电子邮件。回复的邮件里面将包括注册码，还有一个5个数字的Validation Number（认证码），需要保存好。

UIVIEW32可以在Windows 98、Windows ME、Windows 2000、Windows XP系统下安装使用，安装过程均选择默认即可。

还需要做简单的个性化设置：主菜单－配置－台站配置，以自己的呼号替代BD6CR，输入自己的纬度（格式如30.00.00N），经度（格式如120.00.00E），将自己的QTH和电子邮件地址替代“信标注释”处的内容，OK。

远程查看

远程查看可以采用安装APRS客户端软件的方式进行，如上所述，也可以方便地采用WEB网页浏览的方式查看。任何在业余无线电通信网络上的数据，都必须通过网关转发到APRS服务器上以后才能被WEB浏览的方式查看到。下面介绍一个比较好用的WEB网页。

在浏览器中输入http://aprs.fi，输入你要追踪的台站呼号，比如，我希望追踪昨天BD7LM-9从广州去深圳的轨迹，那么在“Callsign or nickname”处输入BD7LM-9，见图9，点Login。我们就可以看到图10所示画面，选择过去的多少时间的轨迹，比如，在Show last处输入过去的24小时，则可以看到由红色的点线组成的轨迹，我们可以将鼠标移动到地图上，对Google地图进行放大、缩小、拖动，或者选择卫星照片等地图模式。

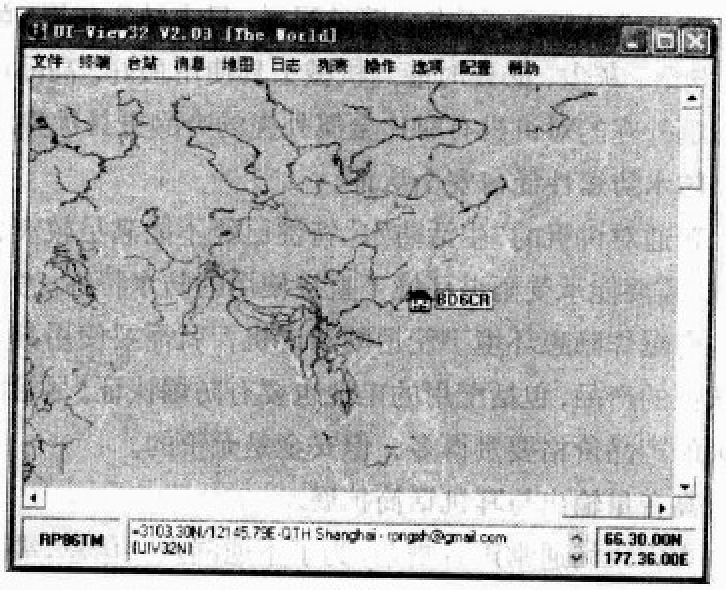


图8

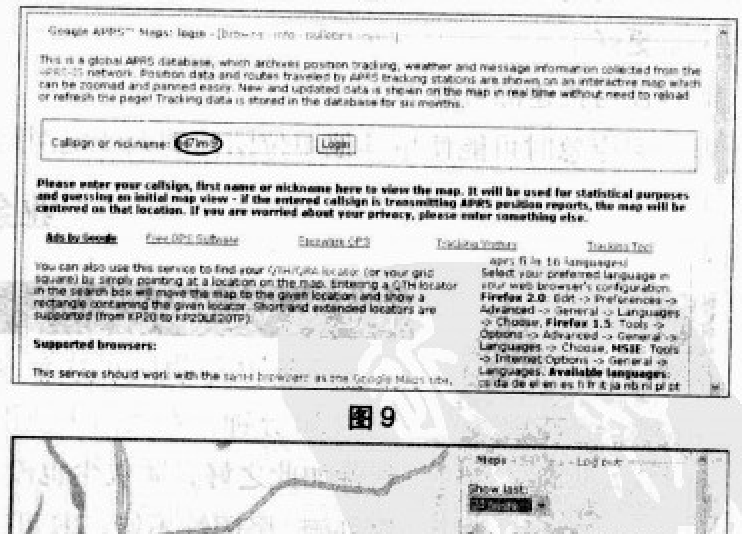


图9

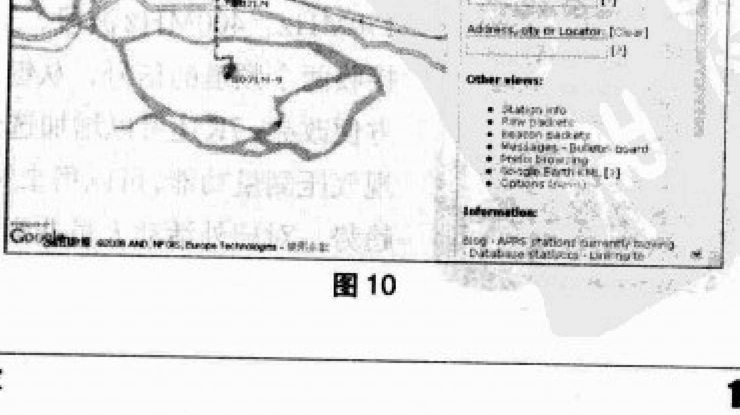


图10

抢险救灾中适用的对讲机与电台

文/杨 法（BD4AAF）

在抢险救灾近距离通信中，对讲机和电台是常用的主力通信工具。与日常使用的对讲机不同的是，作为特殊环境使用的通信器材，在安全性、稳定性、抗毁性、环境适应性方面都有更高的要求，要适应各种严酷的应用环境。

作为一线的专用通信器材应该具备以下几个方面的特性：

坚固稳定，抗毁性强。

不求液晶显示，不求全键盘配置，只求结实耐用，耐撞击、跌落、灰尘，必要时能当机械工具使用最好。高品质聚碳酸酯外壳的对讲机有时比金属外壳的产品更具优势。

防水防爆性能与安全认证。

普通对讲机的“生活防水”特性已经不能满足救灾恶劣环境，需要能承受雨淋环境下直接使用的防水特性。考虑在一些有爆炸隐患环境下使用的对讲机，就需要使用具备防爆认证的产品，包括配用的电池也要有防爆认证。尽管防爆认证的产品价格要贵得多，但安全是无价的。

高音量输出与耳机话筒扩展。

灾害现场通常声音嘈杂，为了不遗漏重要信息，要求对讲机有较大的扬声器和高音量输出。如果搭配耳机话筒组件使用就更好了。

兼容性与快速部署能力。

考虑到应急时可能使用其他单位团体的无线电网络和调配无线电使用频率冲突，所以通信设备最好具备手动设置／复制频率和扫描频率的功能，能够具备多频段工作能力的设备更好。通信设备的快速部署主要指基地电台，要求体积小重量轻、连接线少、搬运方便、天线架设简单，背负型电台最好配备高性能电池。

电池耐用性与环境适应性。

通信设备搭配的电池应该提供较长的通信时间和正常的功率输出。如在严寒气候条件下电池需要保温，可用镍镉电池替代锂电池。

市场上一些通过美国军标的对讲机产品在品质稳定性和抗恶劣环境的表现比较好，一些具备防爆认证的对讲机适合在特殊危险环境中使用（要注意防爆等级的不同）。另外对于一些针对业余电台用户设计的对讲机，其中有些产品在防水和军标方面也达到一定水平，同样可以作为应急通信设备，而且业余电台设备具备较广的工作频段和自由频率设定功能，是很多专业机所不具备的。

在品牌方面，MOTOROLA的中高档产品中大多通过美国多项军标测试要求，稳定性和坚固性都比较有保障。MOTOROLA近年还上市了GP628Plus、GP329ex、GP339ex等防爆新机型。日系对讲机中KENWOOD、ICOM也都有符合美国军标的坚固型对讲机。

以下向读者介绍一些能适应严酷环境使用的器材。

业余电台系列

YAESU VX-7R

具备IPX7级防水性能，可以在水深1m处浸泡30分钟，在大雨中使用更不成问题。密封性如此之好，防灰尘也没问题。7R采用金属外壳，坚固性不错。7R可以工作在50MHz、150MHz、400MHz波段，适用性强，能同时接收两个频道的信号，从键盘直接输入频率，方便改频。7R还可以增加选装的气压组件，实现气压测量功能，可以用来短时预测天气变化趋势，对户外活动人员非常有用。

YAESU VX-6R

具备IPX7级防水性能的150MHz、400MHz双波段实用型手持机。从键盘直接输入频率，方便快速改频。坚固外壳设计适合恶劣环境使用。

YAESU VX-177

具备IPX7级防水性能的400MHz单段实用型手持机，价格不到千元。其原形是海事对讲机，所以结构坚固耐用，收发性能也很好，提供700mW音频功率输出。虽然厂家将其归入业余电台行列，但它作为专业的坚固型手持电台丝毫不逊色。VX-170为150MHz波段型号。

ICOM IC-92AD

ICOM公司最新推出的具备IPX7级防水特性的150MHz、400MHz双波段手持台。配合GPS手持话筒可以实现GPS定位数据无线传送，这对人员的定位和搜救定位很有帮助。

专业机系列

Motorola GP329ex/GP339ex

EX系列为防爆机种，并通过美国军用标准 MIL-STD 810E。该机符合欧洲标准，提供ATEX气体防爆。对手持无线对讲机的气体防爆级别来说，这是较高的级别之一。因此，即使在Gas Zone 1中使用也是安全的，非常适合专业救援队和消防部门使用。其单人工作功能可为远离团队工作的单个使用者带来更多安全性，如果使用者不对警告信号做出应答，无线对讲机就会进入应急模式。摩托罗拉独创的语音压缩技术、X-Pand 和低电平扩展，确保在削减背景噪声的同时仍拥有超强、轻脆的话音质量。 GP339ex为配置有液晶显示屏的机型，可以提供更多的通信频道和组群。

Motorola GP88/GP300

社会饱有量很大的对讲机，早期符合美国军标的典型产品。虽然属于摩托罗拉中档产品，防水性能也一般，但产品坚固耐用性很好，在众多严酷场合中经受住了考验，在中国为摩托罗拉赢得了众多声誉。

Motorola GP328 防爆机 / GP628Plus

这两款机型是防爆机型，符合IP67 防尘和浸水标准，并具有抗撞击和抗摔打功能。 获得美国防爆标准（FM）认证，在石油化工厂和制造工厂等危险环境下也能使用。同时符合美国军用标准（MIL）810C、D和E。支持摩托罗拉的语音压缩和低电平扩展技术，可确保音质更清脆、更清晰、更响亮。GP628Plus轻便小巧，适合组织者和特勤人员使用。

KENWOOD TK-378

日本健伍公司推出的符合美国军标的坚固型对讲机，铸铝框架非常坚固。大口径的扬声器声音响亮，完全可以与美系对讲机媲美。TK-378为不少武警单位采用，并表现优异。TK-378 支持手动编程和有线复制功能，方便临时改变通信频率。健伍公司后续产品有TK-378G。TK-278为150MHz波段型号。

HYT TC-610

中国好易通公司生产的在恶劣环境中使用的对讲机，产品通过IP66防水防尘设计测试，整机上的泥土可以在水中清洗干净，而不会对机器产生任何影响，在雨中使用更是不在话下。TC-610整机机身采用双色注塑工艺，同时混合两种不同颜色和材料的塑胶进行注塑，具有使用手感好、抗跌落性能好、机器坚固耐用不易损坏的优点。TC-610采用45mm大口径扬声器设计，提高了音频功率，改善了在环境噪声大的环境中通话困难的问题。

短波电台系列

CODAN NGT /9360

澳洲CODAN品牌短波设备为联合国部队大量采购的通信产品，足见其品质优秀。NGT系列短波电台是CODAN近年的更新换代的产品，HF波段125W发射功率，多功能手咪操作简单快捷，独有的语音静噪功能和Easitalk DSP语音处理可以使短波通信达到类似FM通信的效果。NGT的众多专业扩展功能包括数传、加密等，非业余电台设备可比。

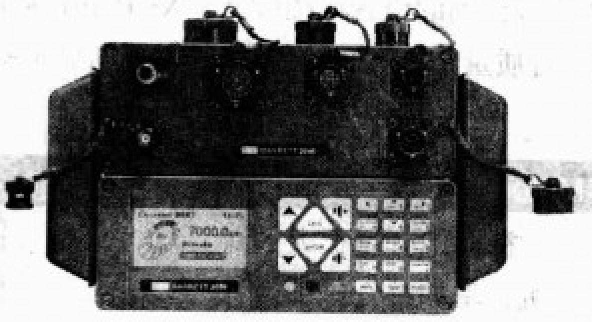
9360系列短波电台为其上一代产品，同样具有语音静噪功能，除了联合国部队，在国内也为不少单位的通信指挥车所选用。

CODAN 2110

CODAN的背负式电台系列产品符合国际多项军标包括美国MIL-STD-810F，适合野外严酷情况下使用。提供25W和5W两挡功率输出，电池支持50小时工作时间（典型工作循环）。具备强大的选呼和Easitalk DSP语音处理功能。

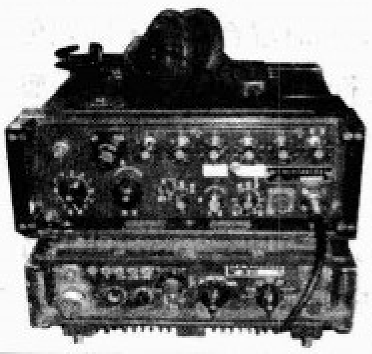
Barrett 2000 系列

来自澳洲宝丽公司第四代全能数字化电台，小巧坚固，符合美国MIL-STD-810F跌落、灰尘、温度、冲击、震动标准。配合强大的DSP构架，灵活地全软件控制电台，功能不断按需提升。多种附件组合适合背负、车载、基地应用需要。2040背负系统包含自动天调及电池系统，适合野外操作。



BWT-133

我国的背负式单边带军用电台，广泛应用于部队和民兵，输出功率15W，作为基地台使用，配合功率放大器可以提升到100W。作为国产军品，坚固耐用程度比较好。市场上有很多退役的机器，价格便宜，适合业余救援组织装备的短波设备。



Q-MAC HF90

小巧坚固的短波电台，在同级别中体积最小，主机只有1kg重，支持最高50W输出功率。具备丰富的扩展应用系统，方便背负使用或者基地使用。符合美国MIL-STD-810F沉浸、温度、跌落、震动标准，适合恶劣情况下使用。国内不少武警单位采用，表现优异。

XD-D12B

我国烽火通信集团有限公司生产的新一代短波数字化抗干扰电台，应用当代先进数字信号处理（DSP）及微机控制技术，达到国际先进水平。该电台采用单元盒对插结构，使电台易于维护。采用铝合金压铸外壳，可防潮、防霉、防烟雾。该厂还有XD-D11G型20W短波跳频自适应电台、XD-D18型手持式短波电台等先进产品。

应急通信天线的制作与架设

文 / 吴国光（BA7IA）

业余无线电台在应急抢险救灾通信中发挥着重要的作用，每个业余无线电爱好者都有利用其掌握的设备和技能投身于抢险救灾应急通信的社会义务。当有突发灾害发生需要进行应急通信操作的时候，以前设立的通信设施可能遭到破坏而不能正常使用，受到时间紧迫和环境因素等客观条件限制，可能找不到理想的设置电台位置环境和采用完善的天线系统，需要利用手头上仅有的零件和器材以及就地容易找到的日常生活用品等，通过一定的架设技巧迅速地构建起一个简易的应急通信天线系统，使我们能够利用这个简单的通信天线系统进行信号的收发，迅速建立起应急通信联络。需要指出的是，应急通信天线系统有别于我们平时操作所架设的天线系统，它并不追求高增益、高效率、新奇漂亮的造型和良好的特性，它只是立足于采用身边简单的材料和灵巧简易的架设方法，使其构成能够迅速地投入使用进行收发的简易系统，便于我们临时制作和架设使用。应急通信天线系统应该遵循简单实用、取材容易、快速架设、便于使用的原则，牺牲一些天线的性能，通过对天线结构进行简化，力争用最简便的材料、最简单的制作、最容易的架设方法，达到迅速建立起通信联络的目的。当然，如果我们平时都有所准备，在应急时也可以采用性能优良的大型器材来建立起应急通信系统。

VHF/UHF 频段应急天线

超短波波段的直线电波传播特性适合于进行本地的区域性通信，这个波段的机器有大量的手台和车台，所采用的FM调制方式通话清晰稳定、抗干扰性好，电台轻小、方便随身携带，使用方法也很简单，是灾区本地进行救援、协调、指挥的主要通信手段。通常在手台上都会安装配置好方便携带和使用的小型天线，但是当需要提升通信距离，保证通信质量的时候，需要借助于在高处设置的中继台。在没有中继台可以利用时就需要使用高架的外接天线，同样，车台的使用也需要架设天线。由于超短波具有视距覆盖的特点，为了能更好地提高天线的效能，在安全的前提下，天线应该尽量地架设在没有阻挡的高处，同时电缆的长度也应该尽量地缩短以减少不必要的损耗。下面介绍几种VHF/UHF频段应急天线。

（1）剥皮天线

这是最简单的全向垂直极化VHF/UHF应急天线。制作示意见图1，制作时把同轴电缆在距顶端约1/4波长处的外绝缘包皮割去，剥掉露出电缆的屏蔽网层（注意：割电缆皮的时候不要割得太深，伤着电缆的屏蔽网层），然后把屏蔽网层向下退松一点，小心地把屏蔽网翻起往下拉，使屏蔽网层翻过来套在同轴电缆的外绝缘包皮上，这样电缆的芯线和网层就形成了上下两个部分的振子，在操作时要小心，不要把屏蔽网层搞散了。按照1/4波长乘0.95缩短率的长度修剪同轴电缆芯线的长度，就制成了一条简易的1/2波长垂直极化天线，我们形象地称其为“剥皮天线”。对这个天线的架设只要简单地找一根竹竿把天线绑在顶端上，垂直地插在地上把天线尽量高架起来就可以工作了。如果采

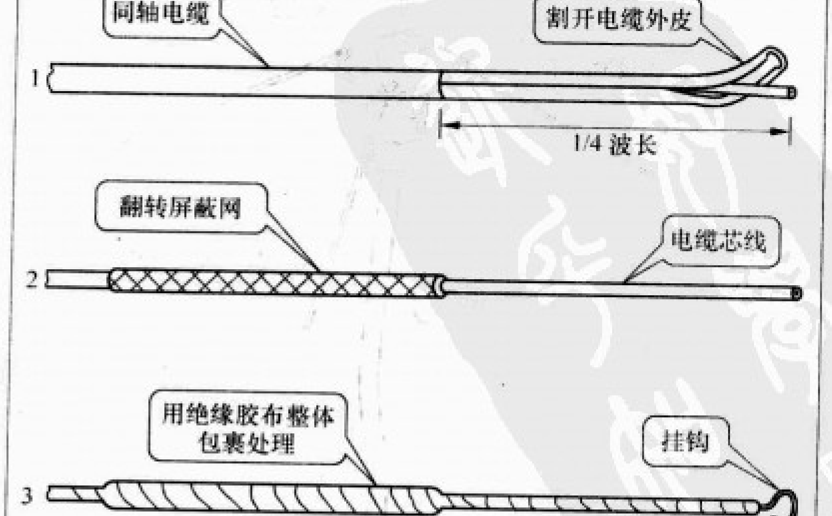


图1 剥皮天线

用水管之类的金属体作支撑体，必须使天线的翻转屏蔽网部分高于支撑体，也就是要使天线体的辐射部分全都露出来。如果一时找不到架设支撑物品，可以在同轴电缆的芯线端部上弯一个线环挂钩，把天线钩吊在树枝、晾衣绳、墙上的钉子、水泥电线杆或其他非金属的高架物上。天线通信的效果取决于天线的架设高度和开阔的架设环境。如果需要使天线能够防雨水，可以在同轴电缆构成的天线体上缠包上绝缘胶布或者套上塑料袋等绝缘防水材料，也可以用塑料水管或胶管等把整个天线体密套起来。

（2）布朗天线

这是一种简单的1/4波长垂直天线，这种天线的特点是制作简单，水平全方向辐射，工作频带比较宽，几乎在整个VHF或UHF业余频段内都能获得良好的SWR特性，在应急制作时，几乎不用调整就可以马上投入使用。天线的构造如图2所示，利用一个M型同轴电缆插座作为天线的底座，找一些截面积为1～2mm²的单芯铜电线，按1/4波长的长度分别截出5条，把其中一条铜线作为垂直振子，用烙铁把它焊在M型同轴电缆插座的芯子上，剩下的4条铜线的一头穿过电缆插座外的固定螺丝孔拧紧焊牢，也可以用螺丝把它固定住。使这4条铜线向下折成45°角，作为地网振子。把垂直振子按0.98的缩短率进行修剪，天线就做成了。同轴电缆一头接机器，另一头接上这个天线，用木棍、竹竿之类的东西撑起来，就可以使用。如果支撑用的是水管，可以让同轴电缆穿过水管中间，以水管的一头顶住电缆插座，固定住就把天线架设起来了，这种天线看起来也很像专业天线的样子。同样也可以把垂直振子的顶端部分弯成一个钩子，把天线挂在高处使用，照样可以获得良好的通信效果。如果是在比较高的楼顶上使用，甚至可以用向下45°的4个地网振子作为天线的4个脚，直接把天线平放在楼顶上使用。如果天线需要进行防雨处理时，可在废塑料瓶的瓶底上钻一个洞，天线的垂直振子穿过这个洞以后，饮料瓶就罩住整个同轴电缆插座，然后把饮料瓶修剪一下，使4个地网振子可以正常地透过饮料瓶壁伸展出来。有条件的还可以用绝缘胶布把上面的孔洞密封起来，这样就算下大雨也没有问题，还可以用一个大的塑料袋把整个天线体罩起来。

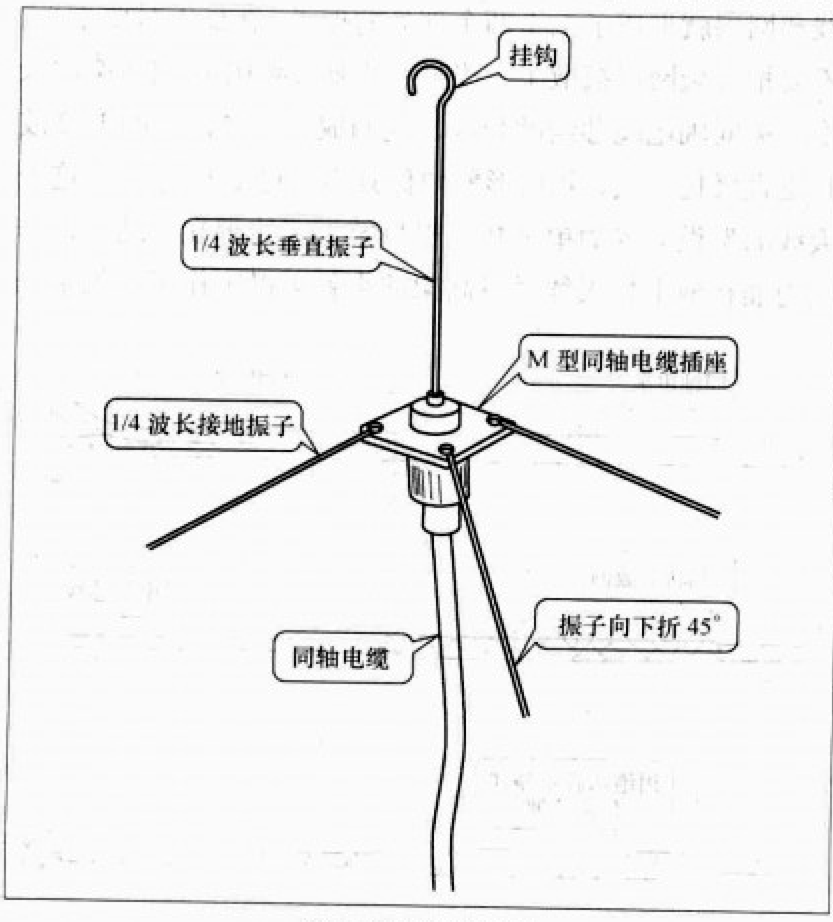


图2 垂直接地天线

如果一时找不到合适的同轴电缆插座，可以在一块木板或者塑胶板等绝缘材料上钻5个洞（1个在中间，4个在四周），用螺丝分别固定住5根振子，1根垂直向上，4根以45°向下伸展安装，同轴电缆的芯线和屏蔽层也分别连接到垂直振子和地网振子的螺丝上（采用木板还可以省去钻洞，直接用木螺丝在相应位置中把振子和电缆引线拧紧就可以了）。如果找不到单芯铜线做天线的振子，也可以因地制宜地采用铁线、金属管材、金属片或铝合金材料等导电材料进行制作，连接最好能用焊接和螺丝，如果找不到，甚至可以用胶布缠和绳子绑等办法进行固定和连接。

如果手头上有成品的手台或车台天线，也可以用同轴电缆加上4条1/4波长地网的方法，把天线架在高处使用，同样能够提高天线的通信效果，也能大大地提升通信距离。

（3）窗户天线

在楼房上，可以利用玻璃窗作为架设天线的载体，制作窗户天线，由于楼房的高度和窗户向外推开形成一定的方向性，因此，有时通信效果还是比较好的。天线的结构如图3所示，制作时截取两段长度为1/4波长的金属线（也可以

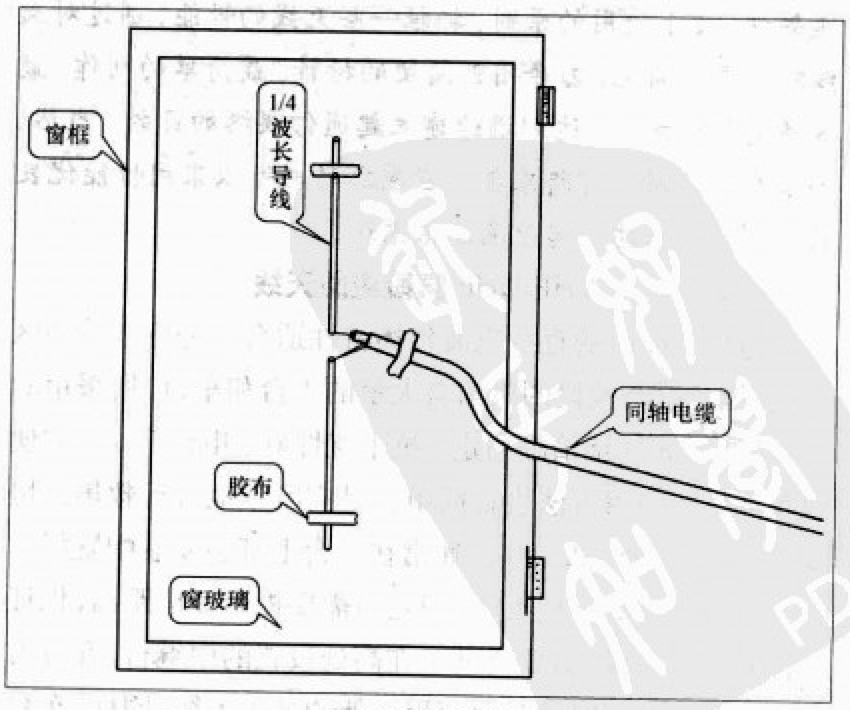


图3 窗户天线

是其他形状的金属体），一段的端部与同轴电缆的芯线相连接，另一段的端部与同轴电缆的屏蔽层相连接，连接可以采用焊接或螺丝。两段振子用胶布垂直地粘在窗户的玻璃上。当天线安装在金属框的玻璃窗上时，振子宜粘在窗户的中间位置，并要以0.82的缩短率修剪两段振子的长度。用胶布适当地固定好同轴电缆引出线的位置，确认天线振子和同轴电缆等部件均被牢靠地粘贴在窗玻璃上，天线就可以使用了。

这种天线辐射出垂直极化波，如果安装在金属框的窗户上时，天线会通过激励玻璃窗的金属窗框，使其产生再次辐射，形成一定的方向性，所以在使用时可以调整窗户推出的角度，寻找通信信号的最大方向。当使用的是铝合金拉窗，天线也可以被安装使用，只不过天线的辐射方向不能进行调整，可以利用对着需要通信方向的窗户来进行安装。另外，由于天线具有平衡对称性，如果要进一步提升天线的性能，可以加入采用1/2波长U型同轴电缆线组成的平衡/不平衡转换器。

（4）框型天线

方框天线的优点是增益比较高，天线具有八字形的辐射特性，其传播方向是法线方向，天线的前后是最大的辐射面。框型天线可以用硬铜线、细铜管、细铝管或铝合金型材等金属材料按每边1/4波长弯成1个四方型即做成一单元方框天线（按BD7JT介绍经实践验证所得，方框边长应是1/4波长乘1.03系数为佳），芯线和屏蔽各连一头，如图4所示。实际架设时把天线框固定在竹竿等绝缘杆子上，通过旋转天线杆子，寻找信号的最大方向，可获得最好的通信效果。但是如图4那样的安装方法，其辐射出来的是水平极化波，如果对方电台使用的是垂直极化天线的话，会引起极化损失，天线不能发挥出最好的效能。把天线平面旋转90°就可以辐射出垂直极化波来，但是，因为电缆从旁边引出来，可能安装时需要增加十字型的支撑固定。同样，由于天线具有平衡对称性，如果要进一步提升天线的性能，可以加入采用1/2波长U型同轴电缆线组成的平衡/不平衡转换器。

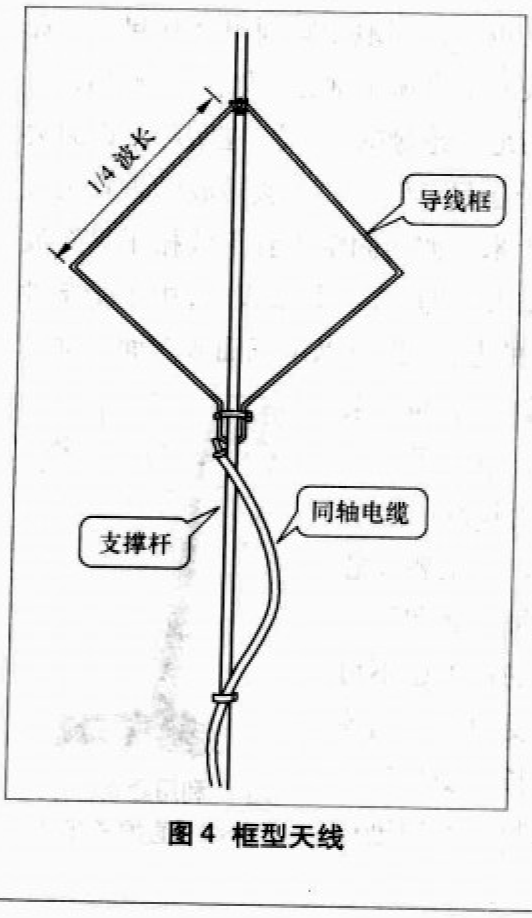


图4 框型天线

HF应急天线

短波波段能够依靠电离层的反射进行超视距的传播，利用这个特点可以作为灾区与外界的通信手段。如果采用40m到20m之间的业余频段，可实现全天24小时几百千米范围内中短距离的通信。由于电波传播是通过上空的电离层反射进行的，因此，无论在平原或者山区都能实现无障碍的通信。如果在DX传播开通期间，还可以进行上千千米以上的远距离通信，把灾区的情况传播到外界。但是，短波波段存在着比较大的信号干扰，在通信期间还可能出现信号衰落现象，通信采用的是SSB或CW操作模式，因此操作者除了需要有信号抄收的经验以外，还需要根据传播情况随时更换通信波段和频率，以保持通信的畅通。

（1）双极天线

通常称为Dipole的天线，这是最简单、最基本的天线形式，天线具有8字形的水平方向性，在架设时应注意尽量以天线的最大辐射方向对准需要通信对象的方向。水平双极天线的制作也比较简单，用两条长度为1/4波长的普通的多股软电线作为天线振子，中间用绝缘材料进行分隔，用绳子把天线振子水平地拉开架设起来就可以使用了，天线构造如图5所示，天线的振子可以按0.95的缩短率进行修剪。天线架设时可以利用附近的楼房、树木、电线杆等高大物体进行快速架设，在野外架设时，可先用细绳子绑上石头等重物作为飞锤，抛掷到高处的树丫作为引绳，然后再把天线导线振子端头绑上绳子拉上，绳子的另一头就绑在树头上固定。也可以只采用一条支撑杆把天线架设成倒V型的天线，支撑杆在中间把天线撑起，使天线振子之间成约120°，向地面用绳子下拉固定。由于一般厂制的HF收发信机都内

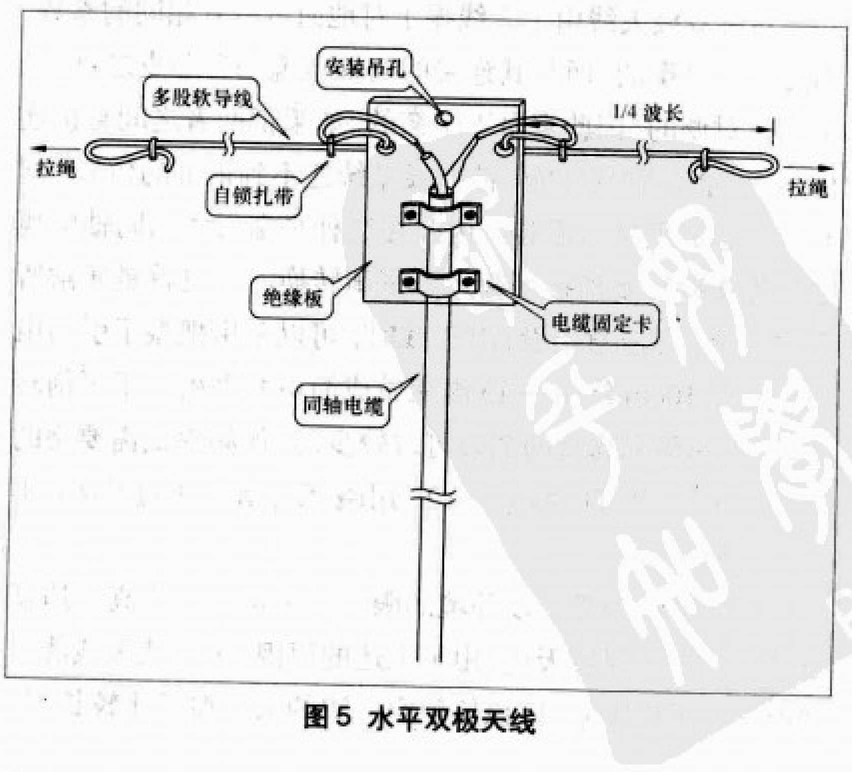


图5 水平双极天线

置有SWR测定指示电路，因此，可以粗略地利用HF收发信机对天线进行进行调整。若所采用的HF收发信机内置有自动天线调谐器，则天线的架设和调试会大为简单，即使天线的特性不是很理想，天线也不用进行太多的调整，就可以马上投入使用。因此，用于进行应急通信的HF收发信机，最好选用具有内置自动天线调谐器的型号。

要使水平双极天线正常地工作，天线的两条振子对地的参数必须相同，但受架设场地环境的影响，可能两条振子的修剪长度并不相等。例如天线的一条振子是架空的，其对地的分布电容就会比较小，而另一条振子若靠近楼房的顶部，其对地的分布电容就会比较大。要使振子的对地电容参数平衡，靠近房顶的振子就要比完全架空的要短一点。因此，在实际架设双极天线时，就可能遇到按照两边振子相等的尺寸进行修剪振子长度，天线的SWR会有一个最低点，但老是降不下来，而当把天线振子的某一端截短或者接长以后，SWR就可以降低下来了。需要注意的是通常架空的每条振子为1/4波长的水平对称双极天线，其自然谐振阻抗是75 Ω的，若天线接在50 Ω系统中，SWR是1：1.5，也就是说无论你怎样调整天线，天线的SWR不能小于1.5。只有当水平对称双极天线以120° 顶角架设成倒V型的时候，天线的自然谐振阻抗才是50 Ω，这时天线连接到50 Ω系统中SWR就可以达到理想的1：1了。也就是说水平双极天线只有在特定的情况下，才会自然实现1：1的SWR。因此，如果架设条件不理想，使天线振子的架设角度不符合要求，或者在天线的振子周围存在导电体等原因所影响，都有可能干扰天线的自然谐振阻抗，使天线的自然谐振阻抗不是纯电阻50 Ω，而是一个既有电阻成分，又有电抗成分的负载，这时，就会出现天线好像没有了谐振点的现象了。要解决这个问题，只有借助于天线调谐器进行补偿调整。

对称双极天线由于天线振子对地而言有着相同的参数，因此它是平衡的。而与其连接的同轴电缆是有芯皮之分，是不可以对调的，因此它是不平衡的。如果把两者之间直接连接起来，将影响其性能，使天线系统达不到最好的效果，同时也会造成调整的困难。因此在这种平衡天线和同轴电缆之间连接时需要加接平衡／不平衡转换器，也就是通常所说的巴伦。在应急架设HF天线时，可以采用把振子引出电缆以直径10cm绕10～15圈来做成简单的平衡／不平衡转换器（工作频率高绕的圈数可取较少，工作频率低需要绕的圈数较多）。也可以参考图12，用磁环自制1：1的平衡／不平衡转换器。

双极天线若受架设环境的限制，也可以一边高一边低地变形架设成斜拉天线。由于上述的原因，为了使天线能自然谐振于工作频率，应该使架空一边的天线振子比较长，靠近地面这一边的振子比较短一些，甚至可使天线振子的端部完全接地。如果没有接1：1平衡／不平衡转换器的话，靠地面这边的振子应该接在同轴电缆的屏蔽层上。这样架设成的斜拉天线会具有一定的方向性，天线与地面形成锐角所对应的方向，就是天线辐射比较强的方向。

当水平双极天线架设高度距离地面在1/4波长以下时（一般的架设条件都在这个范围里），天线受地面的影响而有一部分电波被地面反射向天空。利用水平双极天线的这个特性，适当地选择所工作的频段，可以实现几百千米范围内的中短距离通信，电波通过头顶上空的电离层进行反射，从高空辐射下来，因此，当利用水平双极天线进行这种中短距离通信的时候，几乎不受旁边山峰或建筑物的影响，可实现中短距离无盲区通信。

图6 户外架设的垂直天线

（2）垂直天线

垂直天线具有无方向性的特点，在应急通信中可以充分利用这一特点，把灾害的消息迅速传向四面八方。短波段的垂直天线分为两部分，一部分是垂直振子部分，通常采用1/4波长的导线作为垂直振子部分，也可以因地制宜利用竖立起的金属管或金属杆等作为天线的垂直振子部分（如图7所示），需要注意的是垂直振子与地是绝缘的，因此，在实际架设时要采用绝缘的材料把振子垫起来架设。一般短波的垂直天线振子长度是几米到几十米，如何固定垂直天线振子是短波垂直天线架设的一个重大问题。在应急架设时，由于受条件所限，通常采用撑和吊的办法，也可以用三面或四面拉绳的方法进行固定，当垂直振子部分架设起来比较高的时候，可以采用多层拉绳的固定方法。用拉绳固定特别是采用多层拉绳时，一定要注意适当地施予拉力，使每一面和每一层的拉力均匀，绳子的拉力也不可太大，否则垂直杆会受力太大而垮掉。如若垂直振子太长，受架设条件、手段和人力的限制不方便进行

图7 利用金属杆作为天线垂直振子部分

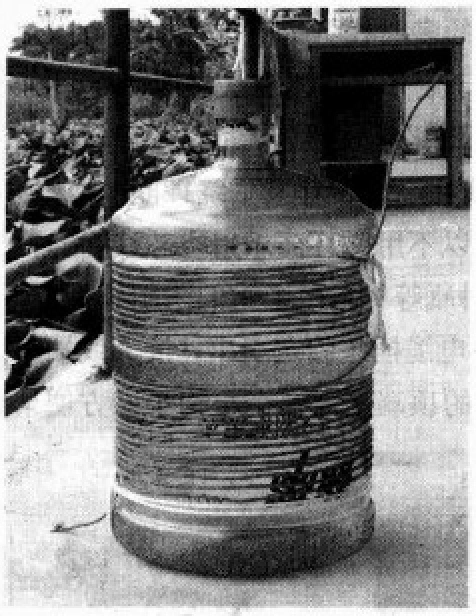


图8 “因地制宜”做的加感线圈

架设时，可采用把天线振子导线的剩余部分，绕在用空饮料瓶、空纸箱、塑料管、竹杆或木头等作为骨架的绝缘体上，成为一个加感线圈（图8），把天线变形为底部加感垂直天线，这样就可以适当地缩短垂直振子的长度，以方便进行架设。由于天线加入了加感线圈，使得天线的谐振频带会变窄，因此在绕制加感线圈的时候，可适当地留出一些抽头，方便对天线进行现场实际调整，使其达到最佳的效果。天线的另一部分是地网部分，地网部分可以使天线能达到良好地电气接地，获得比较良好的辐射特性和阻抗特性。通常只要在地面铺设几条1/4波长以上的导线就可以，只要场地够大，架设起来是没有很大的问题。如果架设地点的土壤导电性良好，则地网可以通过打入铁桩等来代替。如果附近有接地体，如埋地水管等，也可以借用作为天线的接地，使天线能够迅速架设起来工作。如果遇有在地上竖起来的铁塔或铁杆等的高耸金属物体，也可以如图9所示，利用金属体作为应急垂直天线，天线经过天线调谐器进行适当的调整，也可以获得很好的通信效果。

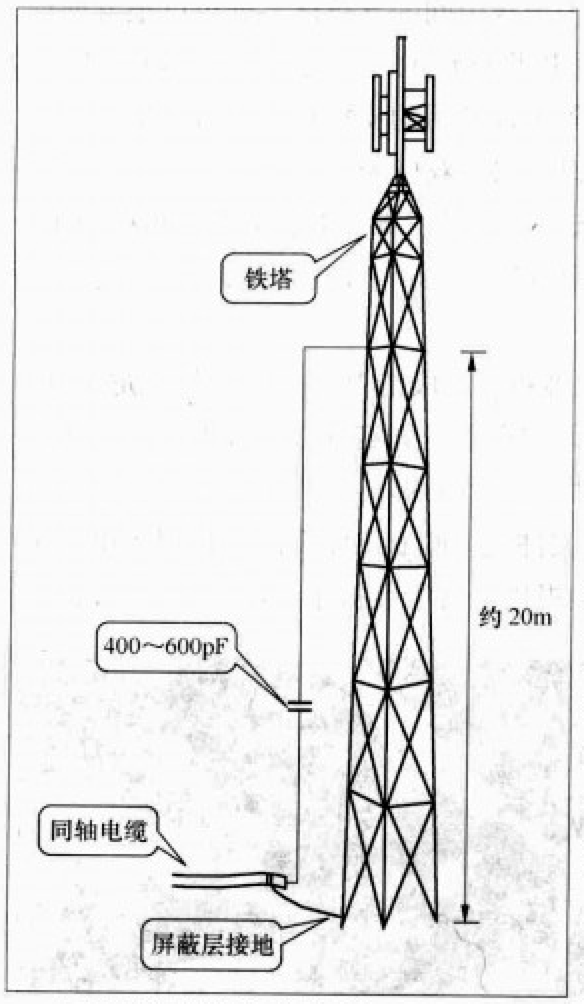


图9 利用金属体作为应急垂直天线

需要注意的是垂直天线的辐射特性与水平双极天线不同，它的最大辐射是沿着地面微上翘的方向，因此在天线周围平面范围内具有一定高度的物体都会对其辐射产生阻挡影响，要使垂直天线发挥良好的效能，有条件的应把天线尽量安装架设在开阔的平地或者山顶上。垂直天线没有往上空的辐射，因此，这种天线只能利用地波作为本地通信或者利用天波在DX传播开通的时候进行远距离通信。垂直天线接收各个方向来的电波，因此，天线所接收检拾的噪声也会比较大。

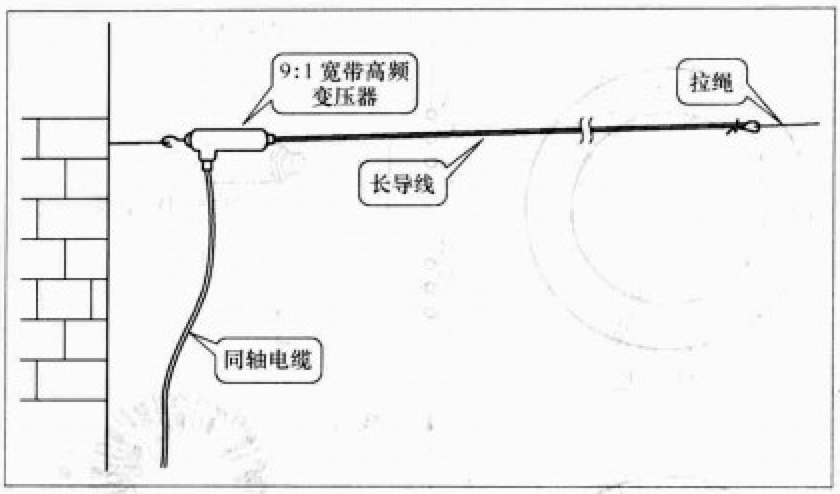


图10 长线天线

（3）长线天线

又称为端馈天线，如图10所示，天线的一端连接一个9:1的宽带高频变压器，天线振子采用7～30m长的软电线（振子短高频段特性比较好，振子长适合低频段），天线水平或斜拉架空，长线的另一端放空通过拉绳在高处固定。高频变压器的另一端需要接地。这种天线的优点就是架设比较容易，在狭窄的环境中也可以使用，只要放空拉一条架空长线即可，天线具有比较宽的频带，可以覆盖比较多的波段，端馈天线还带有一定的方向性，在放空端部所指的地方辐射信号比较强。天线所用的9:1高频变压器可以购买成品，如图11所示，也可以采用三股绞合线在磁环上穿绕12圈自制而成，接线方式如图12所示。在应急条件下，甚至可以在竹杆或塑料管上用三股并排或绞合方式密绕25圈进行制作。

平时的准备

为了在灾害发生时业余电台能马上投入到抢险救灾的

图11 成品9:1高频变压器

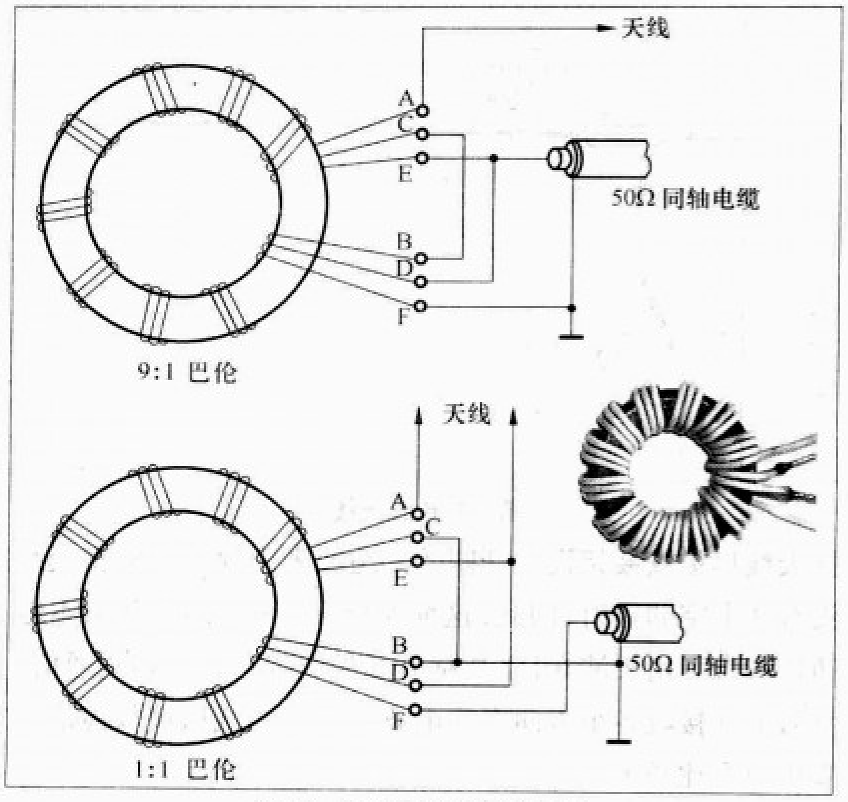


图 12 自制巴伦的接线方式

应急通信中去，我们业余无线电爱好者除了要多学习各种通信技能和参加有关应急通信的演练外，在平时也需要有目的地准备好一些应急通信用的器材，把这些器材归纳整理好成为一个“应急通信锦囊”，集中地包装好放在容易拿到的地方收藏起来，到万一需要的时候，就可以马上取出投入使用。只要在平时花上一点时间，自己收集制作一些简便易行的天线器材，在应急通信时，就可以发挥出大的作用。

笔者认为，平时准备的应急通信锦囊应该包括以下的一些物品，如图 13 所示。

1．约 10m 两头焊有 M 型接头的 5D−2V 规格同轴电缆 1 条，用来作为收发信机和天线的连接线。最好准备一些 M 型插座转 BNC 插头和 M 型插座转 L16 插头的电缆转换接头，方便电缆连接不同的设备。

2．两个 M 型同轴电缆插座，其中的一个插座的芯子和外屏蔽上分别焊上两条短的多股线备用。电缆插座可以用于临时连接天线，也可用于制作简易垂直天线。

图 13 应急通信锦囊

3．一个 1∶1 的平衡／不平衡转换器，可以采用成品的转换器。自制时用三股网线在高频磁环上平绕12圈制成，接线方式如图 12 所示，也可以不用磁环而采用空芯线圈的方式绕制。用塑料管或者塑料瓶等材料做密封的防雨外壳，连接同轴电缆端用 M 型同轴电缆插座固定引出，接天线端用铜螺丝固定引出。在外壳的顶端固定一个小钩子，方便架设。

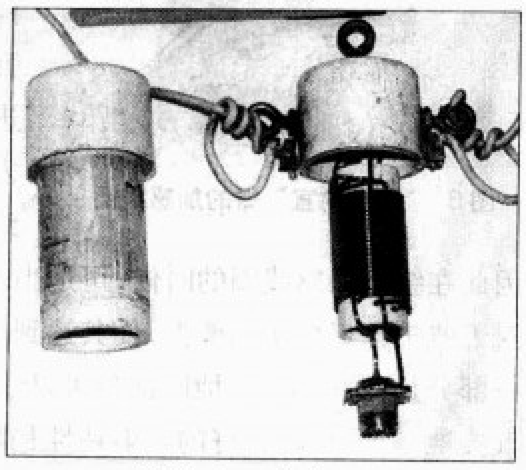


图 14 1∶1 空芯巴伦

4．两条 1.5～2m 的拉杆天线，可以用于制作 VHF/UHF 天线，通过调整拉杆的长度，可迅速地调整天线的工作频率点。

5．一条 5～10m 的钓鱼杆，钓鱼杆在收纳状态只有不到 1m 的长度。在架设 VHF/UHF 天线时，可以在顶部固定上 VHF/UHF 天线，作为升高天线的支撑杆使用，在架设 HF 天线时可以绑上软线作为垂直振子用，在楼房上架设 HF 天线时，可以把软线通过钓鱼杆伸出窗外和阳台吊下作为辐射体。在架设倒 V 形的短波天线时，可以利用钓鱼杆作为天线中间的支撑体，就可以很方便地把天线架设起来。可以根据环境的情况，利用一边有树木、电线杆或房屋墙壁等可以利用的支撑点，配合钓鱼杆作另一边的支撑体，架设起水平双极天线。

6．相机的三脚架或者是三脚灯架。配合钓鱼杆使用，可很容易使钓鱼杆稳固地竖立起来，在设置天线时，可以更容易更安全地操作。

7．绳子，可以准备三四段约 10m 长的线绳或尼龙绳，用于拉水平双极天线的振子，固定垂直天线振子或天线的支撑杆等，还可以用于进行捆绑。

8．夹子，利用文件夹或晾衣夹结合绳子使用提供固定的作用，可以灵活地提供夹持天线振子或电缆等用途，也可

图 15 胶布和扎带的使用

以用于线缆和振子等的临时连接固定。

9．螺丝螺帽和卡箍等，可以用于天线振子的固定，提供电气连接等。

10．两头鳄鱼夹的短路线，在一条0.5m左右的软线的两头焊上鳄鱼夹，可用于进行一些临时连接，调整加感线圈的抽头位置等。

11．卷尺，5m的钢卷尺，既可以用于测量振子的长度，方便进行计算调整天线的工作频率，另一方面，在应急时，可以结合鳄鱼夹短路线，利用钢卷尺作为天线振子，也可以很迅速地架设起临时的通信天线。

12．塑料自锁固定胶带，可用于捆扎固定线缆，天线振子和支撑杆与绳子的连接固定。由于塑料胶带具有绝缘性，因此可以用于代替天线的绝缘子。因塑料自锁固定胶带大多只是一次性使用，因此，每次使用过后，要注意及时进行补充。

13．绝缘胶布，用途比较多，既可以用于提供电气绝缘，又可以用于天线零件和接头等的防水包裹，还可以用于捆扎固定。同样在使用后要注意及时进行补充。

14．厚塑料袋，可以进行零件的分类包装，也可以用于对天线进行防水处理，还可以用于作为绝缘材料。

对于手头上的器材和零件，我们在闲暇的时候可以把他们组合起来进行调试，熟悉天线的架设装配顺序，优化安装方法和天线结构。预先做好一些辅助性的工作，例如在作为天线的振子导线的端头上压接上线耳，振子上弯好固定的钩子等。根据自己所选用天线系统的具体情况，用一个本子记下常用的应急通信频率以及在这些频率上经过试验后确定的天线尺寸和组合安装图等放在“锦囊”里，也可以在有关器材零件上做上标记，贴好标签，这样在应急运用中就可以做到忙而不乱、心中有数、事半功倍，提高工作效率。要时常对器材进行检查，对零件的数量进行核对，发现有损坏或缺失的应及时更换和补充。多通过参加有关应急通信的演练不断总结经验，改进器材。注意浏览网上或者了解其他爱好者在架设应急天线的成功案例，学习汲取他们的好经验好办法，结合科技和材料的进步，及时更新自己“应急通信锦囊”中的零件和器材，尽量做到小型、轻便、精干。动脑筋想办法使自己的器材零件能够一物多用，使所设置的天线覆盖尽可能多的频段，在此基础上，不断总结经验进行优化和改进，设法进一步提高天线的性能。

电波带来的惊喜

文 / 孙永君（BD2FO）

现在说来，事已过去很久，但每每想起，总觉得是个惊喜，应该用文字的形式记下当时的心情，以此怀念。

2008年3月14日夜22时14分，同往常一样，电台守听在7.023MHz国内CW爱好者乐园，手点鼠标没有目的地翻看着网页。午夜的空气似乎凝固了一般，地下掉根针的声音都会听到。CQ CQ CQ DE BG6AZ BG6AZ BG6AZ K……耳中收听到扬声器中传来的呼叫声，马上查看电台日记，是个没有通联过的国内HAM，右手握住电键，左手微调着频率，回答着对方。虽然对方只给了我519的RST，但还是一键搞定，回复579。由于信号不是很稳定，还伴随着强烈的QRM，所以在短短的时间内交换了信号报告、姓名、QTH外，还相互留下了电话号码。在国内由于操作CW模式的HAM不是很多，所以通联之后除交换QSL，往往还会想多了解一下对方的状况。填好日记，正准备给BG6AZ发个短信，手机铃声想起，按下接听键，原来是刚刚通过的OM。电话中又介绍了一下各自的情况，他说以前曾经是部队的报务员，这个还在我的意料之中，因为从发报的手法中可以听出是手键操作。第二天，我按例将我的QSL写好，还详细地介绍了我的近况和参军时部队的番号，将信寄出。

3月24日，惊喜意外到来……

19时58分，手机收到短信……

“老战友：您好！今天刚收到你的卡片和信，我简直不敢相信自己的眼睛，我入伍时间整整比你早10年，就是某部通信连八一台……”我的心情随着信息激动起来。

两个年代未曾谋面的兵，战斗过一个班，共用过一部电台，20多年后，会为共同的爱好，通过业余无线电电波在空中相识，这不能不算是一个意外的惊喜。他远在安徽，我在东北边疆，如果不是共同的爱好，如果不是我在信中写下我们部队的番号，或许以后只能知道对方曾经是个兵，从事过相同专业，至今仍然都爱好这个古老的通信方式。

正如BA7IA、BA5AW在hellocq.net回贴中写到的一样：这就是业余无线电带来的意外惊喜和乐趣所在！这就是神奇电波的魅力！我会一如既往地追求自己的爱好。

廉价车载台 FT-1807 使用报告

文/杨法（BD4AAF）

价廉物美是广大业余无线电爱好者共同追求的目标，在一些HAM还在二手市场花七八百元去淘20年前的车载台产品时，YAESU新品 FT-1807悄然出现在一些通信产品市场的货架上，花费千元出头就能买到一部全新的大功率进口车载电台，这对预算不多的HAM来说已经不是遥不可及的事情。FT-1807就是以低价位进入市场，没有过多的广告和宣传，实惠的价格相信每个关注无线电设备的用户都会看得到。FT-1807为70cm波段版本，还有FT-1802为2m波段版本，价格相差无几。

FT-1807 主要亮点

射频输出功率提升到最高50W 输出。普通的商用400MHz车载台输出功率多在25W，即使是高功率版本也在35W左右。FT-1807的“哥哥们”FT-7800/8800/8900在70cm波段的输出功率也仅在35~40W。所以说50W输出功率将功率档次提升到一个新的层次。

打开FT-1807顶盖，我们可以看到三菱RA55H4047M大功率模块，该模块为三菱公司开发的高功率MOSFET（场效应管）功率模块，典型参数为在12.5V电压下在400~470MHz频段内提供最大55W的射频功率输出，而典型推动功率仅需0.05W。较早期采用高频晶体三极管的三菱模块具有更高的转换效率。同时由于采用模块化结构，维修时只需简单地替换模块就可以。经过分段测试，FT-1807在整个工作频段内都可维持很高的发射功率，不像有些业余机在频段的高端输出功率大打折扣。

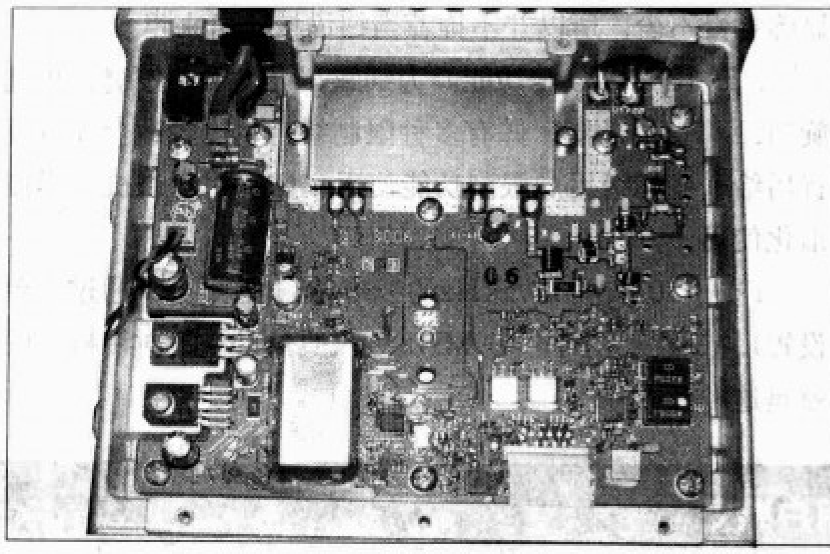
三菱 RA55H4047M 大功率模块

FT-1807的发射和接收频段涵盖400~470MHz，包括我国大陆地区使用的整个业余、商用400MHz波段。FT-7800/8800/8900虽然有很宽的接收频段范围，但在70cm波段的发射频率范围，即便被扩频改造，但还是被限制在420~470MHz。我国有一个类似国外FRS的409MHz免执照使用的公众对讲机频段，由于发射上的限制，FT-7800/8800/8900不能与这些对讲机互通（只能接收），但现在FT-1807就完全没有这个问题了。

这款机器价格便宜。千元出头的价格会让首次听闻者吃惊不小，FT-1807/1802是市场上同类产品中价格最低的，而且还不是低一点点。前面提到FT-1807的大功率输出，大功率输出是一些用户所追求的，同样具备50W输出功率档次的ICOM车载电台，即便最便宜的IC-208H（双频段车载电台）的价格比FT-1807要贵上140%。FT-1807虽然价格低，但配置没有缩水，包括电源线和手持话筒。FT-1807标配与FT-7800/8800一样的MH-48数字键盘。有的经销商将FT-1807标配的数字键盘手咪与FT-8900的MH-42非键盘型手持话筒对调，这样利用话筒的差价可以将FT-1807压缩到不到千元的水平，所以在买便宜货的时候要注意机器的配置。

FT-1807 外观与特性

FT-1807为标准车载对讲机机身大小，外形尺寸140mm × 40mm × 146mm（不含突出物），不支持机头分离功能。FT-1807采用注铝一体化框架整体散热设计，并没有采用他的“兄长”普遍采用的联动风扇设计，散热翼位于机身下方，这样设计在理论上虽然没有散热翼位于机身上方的效率高，但机器外观整体性强，散热翼也不容易积灰，并且机身上方给扬声器留出了安装位置。所以在使用时给FT-1807安装适当的垫脚或者利用车载安装支架将机头抬起增强机腹部的通风对散热很有帮助。不采用风扇的被动散热最大的优点就是没有噪声，同时不存在风扇和风道容易积灰的问题。实际使用中，即便在单接收状态下，整机也有一定发热量，在环境比较热的情况下开机几个小时后机身明显有“温暖”的感觉。如果在发射状态下发热更明



FT-1807 内部电路

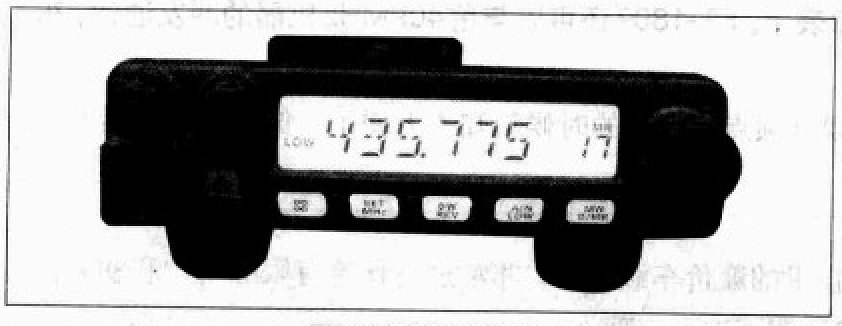
显，中功率以上，通话15分钟机身已经可以感觉到明显热了。

FT-1807采用大字符预置笔画液晶显示幕，可以显示工作频率和信号接收强度以及功能开启状态等信息，显示的字符比FT-7800/8800/8900都大，配上黄色的背光系统显示效果很好。FT-1807的背光亮度提供了从关闭到最亮的10级调节，比较精细。FT-1807采用与FT-7800类似的大尺寸调节步进旋钮设计，在调节频率/频道的时候手感很好，比FT-8800/8900的小旋钮好很多。FT-1807面板上提供的功能按钮不是很多，同MH-48手咪一样采用带背光的半透明胶质按钮，所以在手感和黑暗环境中的可操作性都很好。

FT-1807的天线接口采用常见的SL16（也被称为M头），方便与普通的车载天线吸盘连接。FT-1807提供3.5单声道输出外接扬声器接口，可以接4～8Ω的扬声器。尽管FT-1807内置有较大口径的扬声器输出音质已经算不错，但对于要求较高的用户依然可以使用外接大口径的扬声器音箱来进一步提高输出音质。

FT-1807 操控与功能

FT-1807采用菜单来设置机器的所有功能，菜单数量达到57项。FT-1807提供一些新颖的功能，比如支持开机密码功能、电报莫尔斯码练习功能、温度显示功能。开机密码可以有效防止你的车载电台被别人使用和调乱你的设置。同时在未输入密码前也可以使用整机复位操作，在某些特殊的场合可以佯装输入开机密码，实则进行全复位操作，迅速有效地消除电台内存储的频率防止别人获取。电报码练习功能可以选择拍发速度和字符集，相当于免费提供一台电码练习器，有利于提高抄收电报的水平，抄收电报是目前高等级业余电台操作证书考试的必考科目。



FT-1807 面板显示

FT-1807的机头面板只提供了5个功能键，不过涵盖了最常用的VFO/MR切换、输出功率切换、中继倒频功能，使用中还算方便，感觉就是少了独立的扫描功能按键。这也使得操作FT-1807的扫描功能必须通过手持话筒才能操作，如果放在桌上不安装话筒，只当接收机用就不太方便了。通过MH-48数字键盘手持话筒可以实现工作频率键盘直接输入功能，并在手持话筒上提供4个可编程功能键，用户可以将自己认为最常用的功能定义在手咪上，这对驾车时的单手操作很有帮助。

FT-1807的手持话筒采用目前流行的水晶头，比传统的航空插头更能降低成本。话筒接口位于机器的前面板，这样的设计比侧面引出话筒更有利于减小水晶头的磨损。

FT-1807提供了200个存储信道，可以分为8组，完全够用了。每个频道支持用英文字母和数字显示频道名称。YAESU原厂并未提供免费的PC软件用于管理频道，不过还是有第三方软件可以利用（具体可以访问www.g4hfq.co.uk/）。

FT-1807 应用与实践

FT-1807开机自动显示电源电压，帮助用户确认电压状况。FT-1807最大输出50W功率，划分为50W、25W、10W、5W四挡，除了全功率输出外，系统定义其他3挡都是低功率输出状态，为LOW3、LOW2、LOW1，并没有定义中功率挡的概念，所以在非满功率挡时机器屏幕上都会显示LOW字样，但不明确显示所设定的具体功率挡，只有在设定过程中会显示出LOW3、LOW2、LOW1字符，并配合信号表条的长短提示功率状态。在发射时不同的功率挡会以信号表条显示不同的长度作为指示。

实际测试FT-1807输出功率，在业余频段435.100MHz下有51.3W输出，在403.100MHz有52.1W输出，在468.100MHz的高端也有35.7W输出。业余频段满功率输出时消耗电流约10A，所以如果作为固定台使用需要准备一个规格10A以上的13.8V电源供电。

实测FT-1807的接收灵敏度也不错，在业余频段内优于-122dBm，达到厂家的标准。FT-1807的静噪和音量采用独立的电位器直接调节，符合常见的使用习惯。

FT-1807有丰富的异频设置和亚音设置，可以满足上常规中继台的需要。FT-1807提供了50组CTCSS模拟亚音和完整的DCS数字亚音编码解码系统，并且还额外提供

了CTCSS和DCS的侦测功能，方便HAM用户加入陌生的中继和网络。

FT−1807的扫描功能在设置上比较丰富，中高档机上的扫描模式，如周边扫描、编程扫描、存储频道扫描、存储频道组群扫描等，一应俱全。只是启动扫描必须通过话筒操作，机器面板上没有直接操控扫描功能的按键，对于有些喜欢不装话筒把该机器当监听接收机用的用户来说，不是很方便。实际使用中，其扫描速度比FT−7800/8800/8900明显感觉慢不少，所以并不推荐当扫描接收机来用。

FT−1807的锁定功能颇为细致，可以限制按键、步进旋钮、PTT的功能，并有多种限制组合，比较适合经过设置后给一些初级用户限制功能使用和像商用对讲机一样傻瓜化使用。

FT−1807支持12.5kHz的窄带调频模式(可以通过菜单设置)，市面上常见的409MHz免执照公众频率对讲机用的就是这种模式。

FT-1807 用户感受

用户一：FT-1807看上去很结实，就是发射时间长了发烫很厉害，我给它“腹部”安装了一个电脑机箱散热用8cm × 8cm的小风扇，取得了很好的效果，机器表面温度降低很多。

点评：加装风扇可以大幅度提高机器散热效率。如果嫌风扇太吵可以考虑低电流（功率）转速较慢的风扇，或者降低风扇的供电电压（如采用9V供电）也可以大幅降低噪声。有兴趣的朋友还可以在风扇的供电线路中加装一个温控开关（温控开关可以买“45℃，常开”的产品）起到温控自动开启风扇的作用。

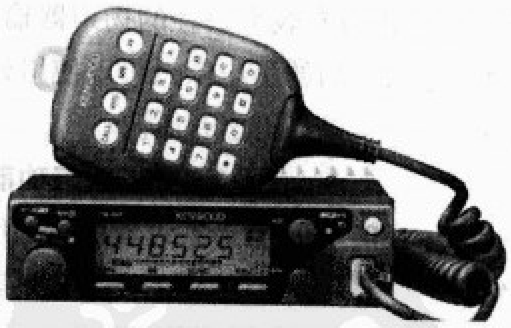
用户二：我本来想买FT-8800双段机，后来权衡下来买了FT-1807 UHF和FT-1802 VHF各一台，这样我就获得了UHF/VHF波频段双50W的发射功率，而且还得到两个数字话筒，总体价格比买FT-8800还便宜了一点。使用下来效果不错，我给他们上了国产泰微UHF和VHF的6m单频段高增益天线，效果比使用同样长度的进口双段天线好。

点评：FT−1807+1802和FT−8800各有优点。国产的优质单频段天线性能较双频段天线性能更有保证，不过用两条单段天线需要2条独立馈线哦！

FT-8800

用户三：我预算不多，本来看中二手市场改业余频段的KENWOOD TM461A，要800元，TM-441A要700元。后来看到全新带保修的FT-1807配非数字手咪只要999元就买了，使用效果很好。平时使用将常用频点存储起来，在存储模式下使用也很方便，VFO模式一般都不太用。

点评：如此便宜的机器还考虑二手机器干嘛，二手机风险高，尤其是改装过的机器，新机器买得安心用得放心。新时代的机器功能上与老机器有很大的进步。



KENWOOD TM401A

用户四：FT-1807便宜，量又足，发射效果比我们同车队安装FT-8900的朋友都好。它的频道命名功能很有用，我把各个车队的频率都用字母命名了，这样就不用再记频率表了。FT-1807还可以与用409MHz机器的朋友通话，车队活动方便极了。

点评：频道命名是一个很实用的功能，虽然设置的时候麻烦点，但用的时候就知道方便了，像手机的电话本一样。

总体来说，FT−1807是一台应用了新时代对讲机制造技术的廉价车载电台，非常适合预算有限的用户和初入门的用户。价格是硬道理，市场上FT−1807的销售情况再次证明了这个道理。

2008年三级《业余电台操作证书》考核试题及答案

一、选择题（每题4分，多选、少选、错选均无分）：

1．我国负责无线电管理的机构或部门有：（ 2 3 4 ）

1：中国无线电运动协会 2：国家无线电管理机构

3：地方无线电管理机构 4：中国人民解放军无线电管理机构

2．我国开展业余电台活动的目的是：（ 1 2 3 4 ）

1：为无线电爱好者提供学习和研究无线电技术的实践窗口

2：增进无线电爱好者之间的友谊和交流

3：为培养无线电技术方面人才

4：为丰富青少年的科学知识

3．某无线电爱好者尚未取得电台执照就违法发射，被无线电管理部门查获，予以没收设备并处以罚款1000元。无线电管理部门依照的是：（ 2 ）

1：中华人民共和国治安管理处罚法

2：中华人民共和国无线电管理条例

3：个人业余无线电台管理暂行办法

4：中华人民共和国行政许可法

4．当业余电台执照过期后，个人业余电台呼号则：(1)

1：立即失效 2：继续有效

3：五年之内依然有效 4：如未被再次分配则永久有效

5．在《业余电台操作证书等级标准》中，435～438MHz是作为(4)频率使用规划的，不作为其他用途使用。

1：业余中继电台上行信号 2：CW

3：慢扫描电视 4：业余卫星

6．根据《中华人民共和国无线电管理条例》，当无线电频率遇到相互干扰的情况，应当遵循以下原则：（ 2 3 ）

1：弱信号让强信号 2：后用让先用

3：次要业务让主要业务 4：地面业务让空间业务

7．哪一年国务院正式批准恢复个人业余电台开展活动：(2)

1：1993年 2：1992年 3：1984年 4：1981年

8．《业余无线电台呼号管理办法》中规定，代表二级业余电台呼号性质的字母为：（ 2 3 ）

1：A 2：D 3：E 4：G

9．某无线电爱好者在10000MHz业余频段上发射ATV信号，则他必须持有（ 2 3 ）级以上操作证书。

1：五 2：四 3：三 4：一

10．关于QSL卡片描述正确的有：（ 3 ）

1：QSL卡片必须横版印刷

2：QSL卡片必须双面印刷

3：QSL卡片上须在醒目位置标有本台呼号

4：QSL卡片长边不能超出15cm

11．呼号为BG2IZZ的业余电台的位置在：（ 2 ）

1：黑龙江省 2：吉林省 3：内蒙古自治区

4：呼号尾缀中未分配到Z，这个呼号是错的

12．操作个人电台必须遵循的原则有：（ 1 2 3 4 ）

1：必须报出完整的电台呼号

2：语言、态度文明礼貌

3：不准无操作证书的人操作电台

4：不得用于商业运营或与盈利有关的活动

13．如果某爱好者准备关闭电台设备电源，在通信中可告知对方电台自己将：（ 4 ）

1：QRM 2：QRN 3：QRS 4：QRT

14．下列业余无线电缩语中，意思符合的有：（ 1 3 ）

1：CFM 确认 73 美好祝愿 BK 打断

2：DX 远距离 73 再见 BK 竞赛

3：GA 下午好 OP 操作员 OM 老朋友

4：AR 业余无线电 ANT 蚂蚁 TNX 谢谢

15．UTC时间与北京时间之间的正确关系有：（ 无 ）

1：0220UTC相当于北京时间次日02:20

2：1715UTC相当于北京时间前一天05:15

3：0900UTC相当于北京时间当日15:00

4：2200UTC相当于北京时间次日07:00

16．若收到某业余电台话音非常清晰无任何噪声，且信号表场强为9+60dB，不正确的RS信号报告为（ 2 3 4 ）

1：59+60dB 2：599 3：51 4：50

17．个人业余电台不可以发送以下内容的信息：（ 1 2 3 4 ）

1：为便于其他爱好者学习，发送无意义的报文

2：为个人兴趣爱好，播放戏曲或音乐

3：为工作需要，发送不涉密的单位文件

4：为保障个人隐私，使用暗语交谈

18．某爱好者听到有电台呼叫CQ，却没有报出呼号，正确的做法是：（ 3 ）

1：回答并交换信号报告

2：首先询问对方呼号

3：不能确认是业余电台，听而不闻

4：立即指出他的行为错误，并要求其改正

19．某爱好者尚未得到电台执照就将业余电台设备安装在车内，对此种做法解释正确的有：（ 3 4 ）

1：不进行无线电发射就不违法

2：不打开电台电源就不违法

3：设置、使用业余电台，必须领取电台执照

4：只要安装即属违法行为

20．业余电台联络中，总有些不如人意的事情发生，以下不正确或应避免的做法有：（ 1 2 3 ）

2008年二级《业余电台操作证书》考核试题及答案

第一部分：通信法规基础知识：（共6题，每题4分）

1.《中华人民共和国无线电管理条例》制定的主要目的是：（ 1 3 4 ）

1：加强无线电管理

2：发展科技、培养人才

3：有效利用无线电频谱资源

4：保证各无线电业务正常进行

2.《中华人民共和国无线电管理条例》、《个人业余无线电台管理暂行办法》、《中华人民共和国业余电台操作证书等级标准》、《业余无线电台呼号管理办法》四部与业余无线电台管理相关的法规、规章，颁发的年份分别在：（ 4 ）

1：1992年、1992年、2001年、2007年

2：1992年、1993年、2003年、2006年

3：1993年、1982年、2003年、2007年

4：1993年、1992年、2001年、2007年

3. 某无线电爱好者尚未取得电台执照就违法发射，被无线电管理部门查获，予以没收设备并处以罚款1000元。无线电管理部门依照的是：（ 2 ）

1： 中华人民共和国治安管理处罚法

2： 中华人民共和国无线电管理条例

3： 个人业余无线电台管理暂行办法

4： 中华人民共和国行政许可法

4.《业余无线电台呼号管理办法》中规定，不能用于业余电台呼号尾缀的字母组合有：（ 1 3 ）

1：TTT 2：AGN 3：BPM 4：QVA

5.《业余无线电台呼号管理办法》中规定，业余电台呼号的第二个字母为J时，该业余电台的性质可能：（ 2 4 ）

1：业余中继台 2：用于技术试验的业余电台

3：特设业余电台 4：业余卫星

6. 在《业余电台操作证书等级标准》中，145.8～146MHz是作为（ 4 ）频率使用规划的，不得作为其他用途使用。

1：业余中继电台上行信号 2：CW

3：慢扫描电视 4：业余卫星

第二部分：操作基础知识及通信英语：（共9题，选择题每题4分）

1. 我国业余电台呼号后缀字母中，首位字母包含G的省份有：（ 1 2 3 4 ）

1：内蒙古自治区 2：甘肃省

3：重庆市 4：西藏自治区

2. 下列关于QSL卡片说法正确地有：（ 1 2 3 4 ）

1：是业余电台之间确认联络的凭证

2：是向有关机构申请各类奖状的凭证

3：卡片管理局可以为HAM转寄国外的QSL卡片

4：交换卡片是每个HAM必须承担的义务

3. 下列频率中，属于业余无线电频率的有：（ 2 4 ）

1：3.4～3.8MHz 2：1.24～1.3GHz

3：12.5～13GHz 4：47～47.2GHz

4. 某业余电台在14020kHz听到呼叫“CQ CQ CQ DE BG1IN BG1IN BG1IN UP”，则其应在哪个频率上回答：(2)

1：14020kHz 2：14022kHz 3：21020kHz 4：14018kHz

1：聊起天来旁若无人，长时间占用频率

2：两部电台通信时中间不留间隔，不给其他电台留插入机会

3：弱信号听着费时费力，索性置之不理

4：在繁忙的频率上，通联用语一定要简明扼要

21. 当某业余电台准备呼叫时，发现准备使用的频率正有其他业余电台联络，正确的做法是：（ 2 4 ）

1：告知他本台长期在这个频率使用，请他离开

2：谁先开始呼叫，谁就有使用权，自己应换频工作

3：制造干扰驱赶他离开

4：可一起加入联络，但使用的优先权仍在对方，不能喧宾夺主

22. 对电磁波描述正确的有：（ 1 2 ）

1：电流流过导线时，周围产生磁场

2：导体两端有电压时，周围产生磁场

3：电磁波在空气中传播速度小于光速

4：频率越高，电磁波传输距离越远

23. 对于经常安装、调试天线的HAM来说，安全很重要。以下高空作业常识，阐述正确的有：（ 1 2 3 4 ）

1：距地面2m以上，工作斜面坡度大于45°，工作地面没有平稳立脚或有震动的地方，均视为高空作业

2：检查所用的登高工具和安全用具，如安全帽、安全带、梯子等，必须安全可靠，严禁冒险

3：高空作业所用的工具、零件、材料等必须装入工具袋。上下时手中不得拿任何物件

4：凡患有高血压、心脏病、癫痫病、精神病和其他不适于高空作业的人，禁止登高作业

二．填空题（每空2分）：

24. 研制、生产无线电发射设备时，必须采取有效措施抑制电波发射，进行实效发射试验时，须经国家无线电管理机构或地方无线电管理机构批准。

5. Four prefixes as DM, DL, PQ and JU respectively belong to:(4)

1: Philippines, Philippines, Syria, Jordan

2: Philippines, Germany, Argentina, Japan

3: Germany, Germany, Cuba, Japan

4: Germany, Philippines, Cuba, Mongolia

6. 上一次太阳黑子平静期是在________年,预计下次太阳黑子活跃的高峰时期大约在________年:(2)

1: 1994—1996、2008—2009 2: 2005—2006、2010—2011

3: 1998—1999、2008—2009 4: 2001—2002、2016—2017

7. The correct way(s) to make a spilt call is(are):(2)

1: CQ CQ CQ, THIS IS BG1IN, LISTENNING ON 180

2: CQ SPLIT, CQ SPLIT, CQ SPLIT, THIS IS BG1IN

3: CQ CQ CQ, BG1IN QSX 21.405MHz

4: THIS IS BG1IN CALLING SPLIT

8. BA1IN在14020kHz听到很多电台争相报自己的呼号,其中有几个很需要的珍稀字头,以下做法正确的有:(3 4)

1: 在14020kHz呼叫这些电台

2: 在14020kHz呼叫CQ

3: 在14020kHz守听直到听到他们在努力呼叫谁

4: 在14015～14020kHz之间寻找他们呼叫的对象

9. 北京某台使用HF八木天线,通信对象在美国最东部,从地图看恰好在正东方。在通常情况下,通信效果最好的天线方向应是:(3)

1: 天线指向正西 2: 天线指向正东+10° 左右

3: 天线指向正北+10° 左右 4: 天线指向正东-10°

第三部分:电理基础知识:(共10题,每题4分)

1. 某放大器电路输入信号为2μV时,输出信号为0.5V,则该放大器增益近似为:(无)

1: 25dB 2: 36dB 3: 48dB 4: 54dB

2. 短波无线电频率是指:(3)

1: 500～1600kHz 2: 1.8～30MHz

3: 3～30MHz 4: 30～54MHz

3. 一个谐振电路的谐振频率为7MHz,若取电感为20μH,那么最合适的电容应是:(无)

1: 0.01μF 2: 0.27μF 3: 10nF 4: 2700pF

4. 开关型直流稳压电源与线性直流稳压电源,互有优缺点。以下阐述正确的是:(2)

1: 线性稳压电源稳定性好、转换效率高;开关电源损耗大、纹波大

2: 线性稳压电源线路简单可靠、重量大;开关电源线路复杂、重量轻

3: 线性稳压电源电路成熟,可具有过压、过流、过热等附加保护功能;开关电源普遍不具备

4: 线性稳压电源输出与电网隔离;开关电源输出、输入端之间无法隔离,易发生安全事故

5. 对于削弱接收机干扰,有效的办法有:(2)

1: 降低接收机中频频率,使之接近所需要接收信号的频率,可使中频干扰得到抑制

2: 提高接收机中频频率,使之远离所需要接收信号的频率,可使中频干扰得到抑制

3: 适当降低变频级前端选频电路的选择性,可减少互调干扰

4: 降低本机振荡器的震荡幅度,可使啸叫干扰减小,且不影响混频器输出增益

6. 降低放大器噪声系数的措施有:(1 2 3)

1: 选择低噪声的元器件

2: 尽量降低晶体管放大器的直流工作点

3: 降低放大器工作温度

4: 尽量增加放大器带宽,使相对于每一小段频带的噪声下降

7. 对于高频功率放大器阐述正确的有:(1 4)

1: 一般采用选频网络作为负载回路

2: 均工作于丙类

3: 输出的谐波分量不宜过小

4: 选择在临界状态下工作才可获得最大输出功率

8. 对于功率合成器阐述不正确的有:(1 4)

1: 将数个电子器件的输出功率平均分配

2: 功率合成器的关键部分是功率分配与合成网络

3: 理想状态下,合成器的各单元放大电路应彼此隔离

4: 推挽功率合成器的优点是输出没有奇次谐波

9. 对于用电安全阐述正确的有:(1 2 4)

1: 夏秋两季天气炎热、多雨潮湿,人体衣单、多汗,易发生触电

2: 在使用手电钻、电砂轮等手持电动工具时,为保证安全,应该装设漏电保护器

3: 电压在36V以下不必考虑防止电击的危险

4: 生活中因触电造成的死亡,须由医生判断,否则一律应视为假死,在救护人员到来之前不能轻易放弃抢救

10. 对于经常安装、调试天线的HAM来说,安全很重要。以下高空作业安全,阐述正确的有:(1 2 3 4)

1: 距地面2m以上,工作斜面坡度大于45°,工作地面没有平稳立脚或有震动的地方,均视为高空作业

2: 检查所用的登高工具和安全用具,如安全帽、安全带、梯子等,必须安全可靠,严禁冒险

3: 高空作业所用的工具、零件、材料等必须装入工具袋,上下时手中不得拿任何物件

4: 凡患有高血压、心脏病、癫痫病、精神病和其他不适于高空作业的人,禁止登高作业

2008年一级《业余电台操作证书》考核试题及答案

1.国际业余无线电联盟(IARU)于________年在________成立：(4)

1：1950、瑞士洛桑　　2：1948、瑞士日内瓦

3：1941、奥地利维也纳　　4：1925、法国巴黎

2.《业余无线电台呼号管理办法》中，TTT不得用于业余电台呼号后缀，是因为：(3 4)

1：不易发送　　2：容易混淆为字母O

3：容易混淆为其他含义　　4：TTT代表特殊含义

3.(6分) Which statement on contest callsign is correct?(1 3)

1：It is the Amateur Radio callsign used in international contest.

2：The part to represent domestic district can be omitted from the contest callsign.

3：The contest callsigns can be used in international contests only.

4：The contest callsigns are issued by CRSA.

4. Which islands listed below match "island" definition by IOTA:(2 4)

1：An offshore drilling platform.

2：An island that is 150-meter away to the nearest continent when the tide has reached its lowest point.

3：A coral island on the Yellow Sea, its nearest distance is 2000 meters from the continent when the tide has reached its lowest point, but will be awash at high tide.

4：An island like：the distance between the island and the nearest continent will over 500 meters even when the tide has reached its lowest point；while at most 100 meter away there is a small island K, which is 150 meters away from the continent.

5. 参加CQWW SSB竞赛时，SW组别代表的含义是(无)

1：单操作员全波段　　2：单操作员单波段

3：单操作员单发射机　　4：多操作员多发射机

6. 请写出第一个字符各为1、3、5、7、9的DXCC字头，及国家或地区名和所在大陆名。

第一个字	字头	国家或地区名	所在大陆
1	1AO	马耳他	欧洲
3	3A	摩纳哥	欧洲
5	5A	利比亚	非洲
7	7T	阿尔及利亚	非洲
9	9K	科威特	亚洲

7. 以下DXCC字头对应CQ分区为：

1A1	15	CU	14	3B7	14	ST	34
C6	8	TT	36	E5	32	ZD7	36

8. 例如BG1IN参加IARU HF World Championship，在40米波段通联8N7HQ，收到对方信号报告为59945，在80米波段通联DL3HQ，记录对方信号报告为5928，那么BG1IN使用的可能是什么模式__Mixed__，这两个QSO共得__0__分。

9. IARU HF World Championship 是由__IARU__组织的，于每年__7__月举行，共有__CW__、__SSB__、__Mixed__模式，每个国家的设立的HQ台必须在__ITU__分区内。

10. 每年CQWW比赛后，SSB成绩应于当年__12__月__15__日前，CW成绩应于次年__1__月__15__日前通过电子邮件发往美国《CQ》杂志。

11. 请写出下列比赛中，通联双方交换信息时，除了信号报告外，还有哪些内容？

ARRL 160M CONTEST	国家代码
CQ WW CW	CQ分区
ALL ASIAN SSB	操作员年龄
CQ WPX	流水号
IARU HF WORLD CHAMPIONSHIP	ITU分区

12. 以下哪些频率不允许使用于IOTA Contest(1 2 3 4)

1：3560～3600kHz　　2：3650～3700kHz

3：14060～14125kHz　　4：14060～14125kHz

13. 以下对WADEC说法正确的是(1 4)

1：非欧洲台只有通联欧洲台才能算分

2：任何台都可以主动向对方发送QTC

3：对一个QTC请求最多可以发送20个QTC

4：在RTTY比赛中任何电台都可以向对方发送QTC

14. 例如B3C 参加CQWW Contest比赛，日记如下，则该台所参加的组别可能是(1 2 3)

UTC	BAND	CALL	RS	ZN
0001	15	W1KN	59	5
0002	15	JA5KLJ	59	23
0002	10	B7P	59	24
0003	10	NN6NN	59	3

1：MS　　2：MM　　3：M2　　4：SOABL

15. PSK31通常使用频率有：(1 4)

1：14.070MHz　　2：14.080MHz

3：21.080MHz　　4：28.070MHz

16. 在用CW做通信时，能充分利用频带资源又不互相干扰的频率间隔为：(2)

1：5～50Hz　　2：150～500Hz

3：1～3kHz　　4：3～6kHz

17. 以下哪些指数说明发生磁暴：(3)

1：K指数>3　　2：K指数>10

3：K指数>5　　4：A指数<3

18.对于功率合成器阐述不正确的有：(1 4)

1：是将数个电子器件的输出功率平均分配

2：功率合成器的关键部分是功率分配与合成网络

3：理想状态下，合成器的各单元放大电路应彼此隔离

4：推挽功率合成器的优点是输出没有奇次谐波

19. 邻道干扰是由于(3)，落到左、右邻道的功率超过了规定值，而对左、右邻道产生的干扰。

1：发射频率偏低　　2：发射频率偏低

3：发射带宽超宽　　4：发射带宽太小

20.如果接收互调信号很多，那么互调信号会影响接收信号的质量，这样就降低了：(1)

1：接收机的灵敏度　　2：发射效率

3：接收机的抗干扰能力　　4：接收电平值

21. 假设某半波振子天线阻抗为75Ω，扁平馈线的特性阻抗为300Ω。插入一段四分之一波长传输线，使之实现阻抗匹配。则四分之一波长传输线的特性阻抗应为：(4)

1：50Ω　　2：75Ω　　3：150Ω　　4：300Ω

SPE 1K-FA

业余无线电短波功放赏析

○ 文/黎海（BD7PA）

写在前面：

SPE 1K-FA 是一台来自意大利的世界顶级的业余无线电短波功放，代表着短波功放中最高水准的设计、品质和性能。在中国，知道它的人不多，正好朋友告之新近入手一台，笔者立即致电并得到朋友同意，第二天便带着笔记本电脑和尼康相机 D2X 踏上遥远的路途，飞奔来到朋友家中实际试用，顺便带来下面这篇采访稿。

> *个人认为：“HAM 的等级，代表你应该承担多少对HAM群体的义务和贡献。”这样才能对得起自己的级别。*

订购SPE 1K-FA的朋友十分慷慨，笔者致电后说明来意，不仅慷慨地得到他的允许，甚至承诺让笔者带回家作详细测评，让笔者亲自试用，写下采访稿并拍下实机操作情况。至此，作为一名国家二级业余电台操作执照的持牌HAM，最终能够与广大业余无线电爱好者分享此功放的信息，便心满意足了。

SPE 1K-FA 是一台重载型全固态短波功放，工作频率1.8～50MHz；标称峰值输出功率 SSB 模式是 1000W，CW 模式是900W，50MHz 频段各模式是700W，AM 模式下功率没明确标识。

该机电路使用稳定和高效的MOSFET作为功放核心信号放大元件，说明书指出，功放不需预热，开机便能实时工作，不需等待（笔者实测：实际启动时，软件自检需要几秒时间）。

SPE 1K-FA结构是电源、功放、全自动天调三合一，外观却仅有宽 28cm ×高 14cm ×深 32cm，笔者在朋友家看到的实物，与年前在笔者博客（bd7pa.blog.163.com）上向各位 HAM 友介绍 1K-FA 时的照片相比，现实的 1K-FA 小巧多了，可能是目前世界上设计最小巧的千瓦级三合一功放了。

小型体积，重量却非比寻常，当笔者想一抬手把功放转个身看看背后的时候，竟然纹丝不动，双手用劲才把功放转了个 180°。该功放的说明书中指出，此机器重达 20kg。这个重量级，相信不用笔者说，读者便已经猜到，1K-FA使用的必然是“牛”，而非电子变频电源。事实确实如此，更准确地说是“环牛”——环形变压器，它不会产生电子变频类电源特有的低频干扰信号，对短波通信造成影响.而实际使用时，连接上 2kW 的假负载，开足全功率，耳朵贴近功放，也听不到以前品质不好的变压器在重负荷时产生的噪声。

1K-FA的“顶级”设计特点

1. 能够同时连接两台不同品牌、不同型号的短波电台。

该功放使用了两个相互独立，却可以一键切换的单片机控制系统架构，所以能够同时接两台不同品牌、兼容不同型号的电台到1K-FA 上（当然你喜欢接两台完全相同的电台也绝无问题）。频段的切换和跟踪是通过电台的CAT 控制接口数据通信至单片机解码识别和控制来完成，1K-FA 中设计的单片机程序能够识别不同品牌、不同型号的不同通信协议和数据形式，ICOM、YAESU、KENWOOD 等大品牌“通吃”。

就这种开放式兼容设计，就已经能称谓“顶级”了。

2. 2个电台射频输入接口和5个天线射频输出接口均为可编程设计。1K-FA 使用了“频段与天线接口对应”处理技术，其中4个接口用于独立频率段天线连接，还有1个接口用于连接多频段天线。由于机内使用了单片机和大型点阵液晶显示屏幕，1K-FA轻易地实现了不同频段使用不同天线射频输出接口的对应关系，就如广播级音视频系统中的矩阵系统。比如，18MHz 使用 ANT1 接口、1.8MHz 使用 ANT2 接口、7MHz 再使用ANT1 接口，21MHz 再使用ANT2 接口……在转换工作频段时，1K-FA 完全自动跟踪，按你的设置自动切换。

3. 随机附送控制、监控软件，使用串行接口连接至计算机，打开软件，即可实施全权操控和各种数据状态的实时监控。

4. 大型点阵水蓝背光液晶显示屏，整个功放重要参数和数据直观清晰，机面设置了多个直观按键和指示灯，操作直接和简单。

5. 1K-FA 属于商用、业余两用，功放的工作频率范围完全连续。

6. 安静。启动后不把耳朵贴近到机体外壳上，是没有声音的，风扇运转宁静，能够随温度需求，全自动运作。

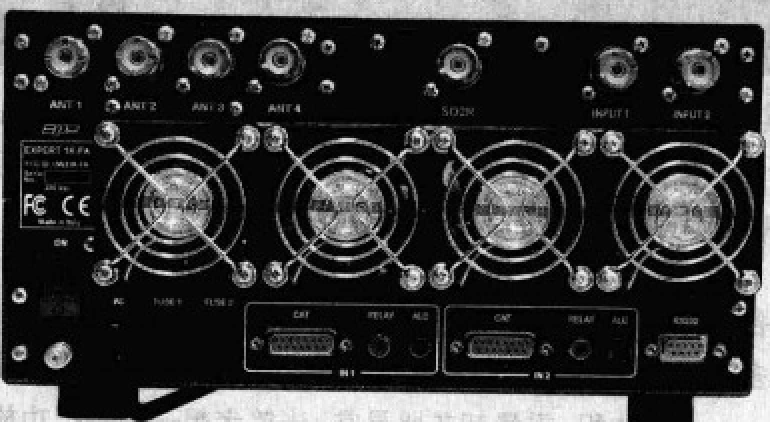
7. 官方直接提供串行遥控及监控指令及数据格式的数据手册下载，热爱二次开发的 HAM 可自行设计个性化软件。

8. 适应 110V 和 220V 供电。另外，购买时还随机提供一个搬运用的坚固的保护袋，很适合应急通信使用。

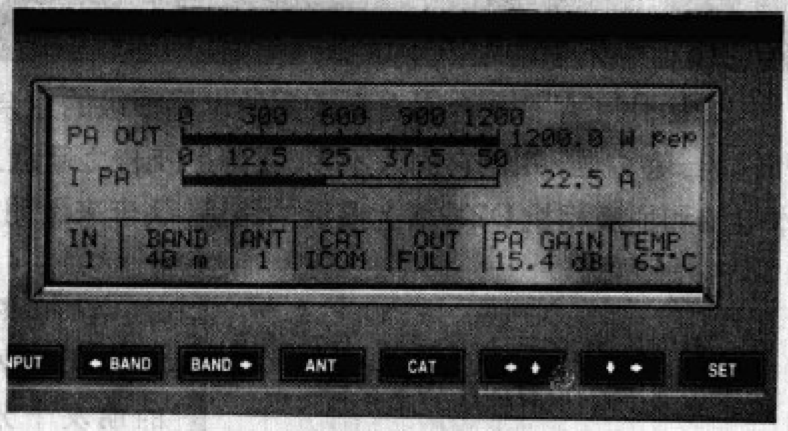
9. 具有诸多自动保护措施，可监控：温度异常、电压和电流异常、驻波和反向功率异常、天调状况异常、过大的驱动输入功率及不正常的线路接驳异常等。

使用点滴

笔者在现场，第一感觉，该功放的面板上有较多的开关和指示灯，再加上大大的水蓝色液晶点阵显示屏，令人眼花



1K-FA 的各种接口



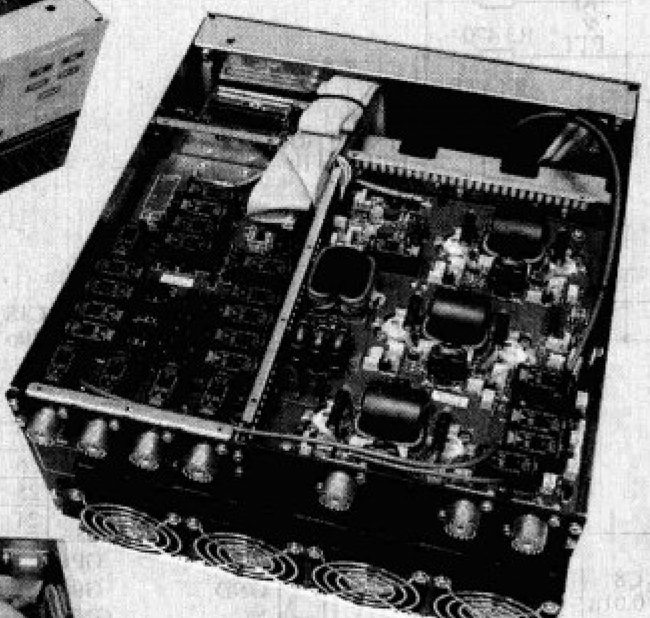
大屏幕蓝光液晶面板

放在电台里的 1K-FA

缭乱，好像操作复杂的样子，有点唬人。笔者相信更多人乐于接受那些简约化的设计：一个电源开关，一个 ByPass 开关，两个表，没了。但事实上，该机面板上的每个键和灯只对应一个功能，更简单直观。笔者使用 ICOM IC-756Pro3 进行了实战操作，其接驳通信接口及设定的方法简报如下：

1K-FA 和 ICOM 系统的通信频段跟踪连接有两种方式可供选择，分别是“CI-V 计算机接驳接口数据通信口”和“由多功能接口提供的频段切换，模拟电压输出口”。据此，笔者的思路和想法是，CI-V 口需要接驳至计算机 HAMLOG 遥控软件，因此不能为 1K-FA 所用，剩下“由多功能接口提供的频段切换、模拟电压输出口”空余，可以接驳至 CAT。想到这里，笔者不得不感谢 ICOM 的人性化设计，想用户所想，而不像 YAESU 的机型设计做法，通信口只有一个，同一时间只能接一种设备，要么接天调，要么接电脑通信，要么接功放使用，想两样一起接驳？没门！按下功放面板上的 SET 键，进入菜单，选择 CAT，按 SET 进入，选择 ICOM，选择 Voltage_Band，代表用电压跟踪频段这种工作方式，按 SET 确认键退出，机后ACC口引出Voltage_Band线，接上CAT口。用RCA接口线，接驳好 IC-756Pro3 和 1K-FA 之间的 ALC 和 Relay 即告完成。

1K-FA 的顶部


1K-FA 内部电路

1K-FA 内部构造

小知识

功放与电台之间的连接，在典型情况下，需要连接三根线，它们分别是 ALC 、Relay、CAT：

ALC：自动功率控制线。功放的正常运作，需要电台给出适当的推动功率，但由于典型情况下，功放在不同频率的放大效率有所不同，因此可能需要不同的推动功率进行补偿和配合，所以产生了自动功率控制线的理念和需求，ALC的出现令功放和电台之间从此合作无间，达到最理想的工作状态和功率输出均衡。ALC 信号是一个由功放输出的仿真电压，它的变化范围是自 0V 至 11V。据笔者的不完全记忆，电压越高要求电台输出的功率越低。实际操作中，ALC 控制线可以不连接，但需要使用者对功放拥有足够经验和具备专业知识方可，但这种行为笔者并不推荐。

Relay：发射状态触发控制线，别名是 SEND 、TX GND，是电台向功放提供的一个收、发状态切换的控制信号，信号形式是以对地（零电平）表示电台进入发射状态，请求功放跟随切换至发射状态。

CAT：工作频段控制线。由于功放在不同频段工作时，需要对相应频段进行优化和调整，因此全自动化的功放需要连接此控制线至电台，以作跟踪和同步操作，CAT口主要有几种通信工作方式，串行数字控制信号和仿真的电压控制信号。实际操作中，CAT 控制线可以不连接，以手动设置，但也需要使用者对功放拥有足够经验和具备专业知识，还需要有“记性”方可，同样，这种行为，笔者也不推荐。

制作适合野外通联使用的 USB CI-V 接口

○ 文 / 吴国光（BA7IA）

目前，许多业余无线电活动和比赛都有转移到野外进行的趋势，用于操作的电脑也都采用比较轻便、易于携带的笔记本电脑，而大多数新型号的笔记本电脑都没有配置传统的串行COM接口，而是流行的USB接口。根据这一个变化的要求，笔者又设计出了采用USB接口的CI-V电路。

电路如图1所示，核心是采用Prolific公司的USB to RS-232转换控制芯片PL-2303XH代替原COM接口CI-V电路中的MAX232电平转换器。PL-2303XH芯片具有体积小，功能全，功耗低、外围电路简单，工作稳定可靠和无调整化等突出优点，广泛被用于移动系统和嵌入式系统中。由于PL-2303XH芯片转换出来的电平是TTL/CMOS电平，因此在应用的电路上可以更加简化，可以省却了电平转换电路。在进行电路实验时，我甚至仅单独采用PL-2303XH芯片构成一个CI-V电路而不用74LS17缓冲驱动器就能正常工作，但是考虑到这个接口需要应用在业余电台比赛中，电磁环境和使用条件比较苛刻，而且在附属功能接口中也要采用缓冲驱动器，

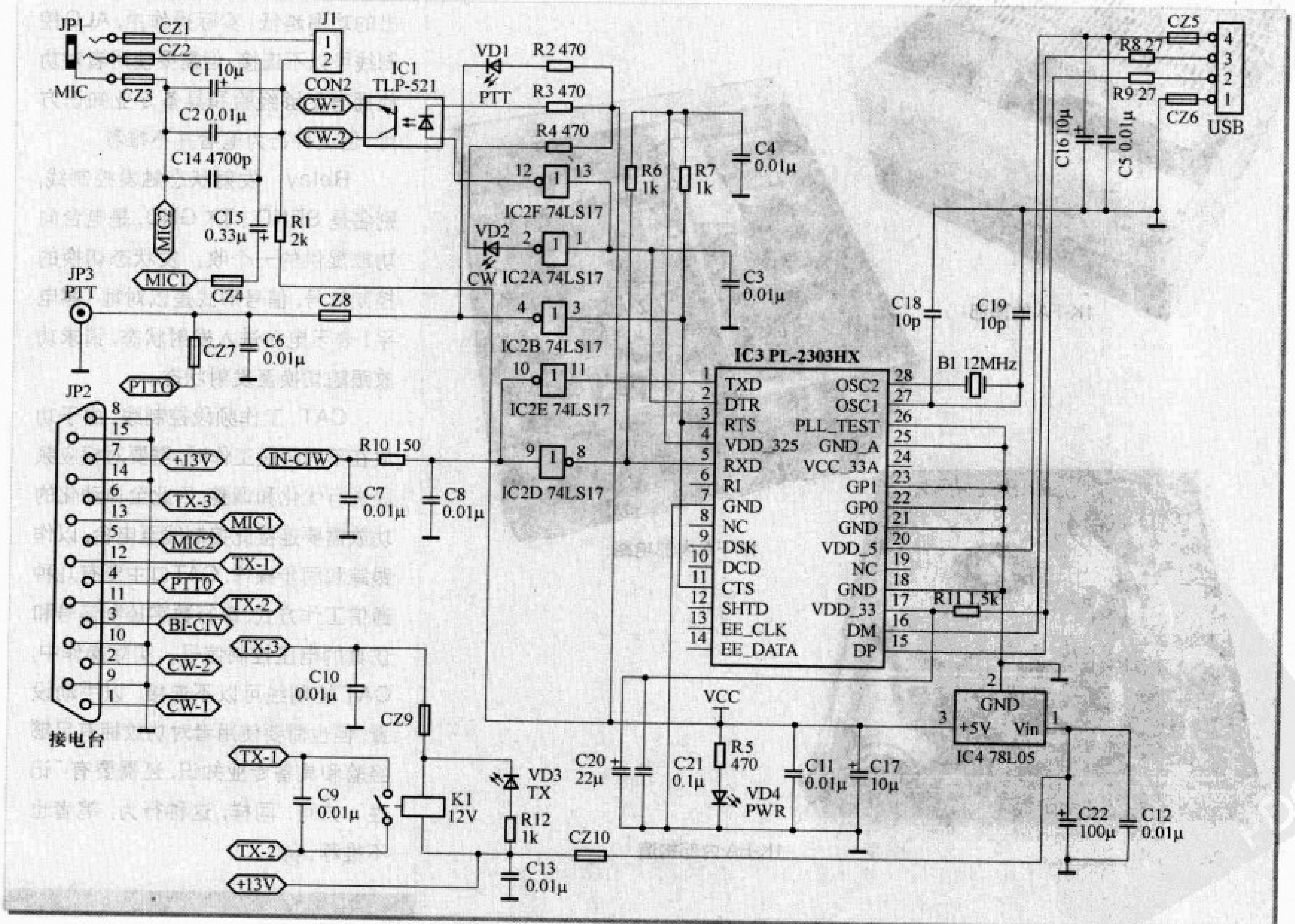


图1 USB CI-V 接口电路图

因此在最终的设计中还是加入缓冲驱动器电路。由于电路的功耗很低，如果是单独CI-V的应用，电路也可以直接采用USB供电，省略三端稳压器部分和向收发信机ACC接口取电的部分，使电路更加简捷。PL-2303XH芯片需要12MHz石英晶体提供时基，为了制作方便，宜采用小型的石英晶体。在USB输入接口的+5V和地线上都加上了磁珠进行抗干扰，但USB规范中则不提倡在数据线上加任何的电容和电感元件，称会妨碍高速的数据传输，因此在两条数据线输入端串入27Ω电阻来对干扰进行衰减。整个PL-2303XH芯片电路很简洁，R11是USB数据线的上拉电阻，其他的一些外围器件只是实现芯片内部电源的去耦滤波功能。

由于IC2是TTL六集电极开路输出缓冲驱动器，电阻R6作为相应的缓冲驱动器的集电极负载，R7则起着上拉电阻的作用。可以看出该电路结构大为简化，电路也几乎是无调整化的，通常电路焊接正确，电路应该马上就能工作。

附表是电路的元件表。

图2是电路的印制板图，为了兼容原来的铝机壳，电路板的尺寸、布局和输出/输入插座等都与COM接口的一样，由于电路本身已经简化，加上元器件的体积也大为缩小，应该不难设计出体积更小的印制板来。印制板同样采用单面布线的设计，由于PL-2303XH芯片为SSOP超小型贴片式封装，因此，芯片贴焊在电路板的走线面，焊接时注意不要焊接时间过长，以免印制板的铜箔剥离，同时由于芯片的引脚排布比较密，焊接时注意烙铁头要采用比较尖的，并且不要蘸上过多的焊锡，否则，焊锡容易把芯片的引脚都粘在一起形成短路。

为了使接口能更好地工作，建议安装该芯片最新的驱动程序，PL-2303芯片的最新驱动程序可以在其厂家网站上下载：www.prolific.com.tw/eng/downloads.asp?ID=31。

先把下载的驱动程序解压缩放在硬盘中。当电路安装完成以后，注意对PL-2303XH芯片的引脚等进行仔细的检查，在检查正确无误以后，可以通过USB连接线把组装好的电路插入电脑的USB接口中。如果PL-2303XH芯片及外围电路的焊接没有问题，电脑应该出现找到新硬件的提示框（由于在本电路设计中PL-2303XH芯片采用USB供电，可先单独对PL-2303XH芯片部分进行调试）。在“找到新硬件向导”中点选“从列表或指定位置安装（高级）”项，单击“下一步”，然后点选“在搜索中包括这个位置”栏，并在下面空白栏中填入解压到硬盘的驱动程序的完整路径，单击“下一步”程序以后就会自动安装驱动程序。

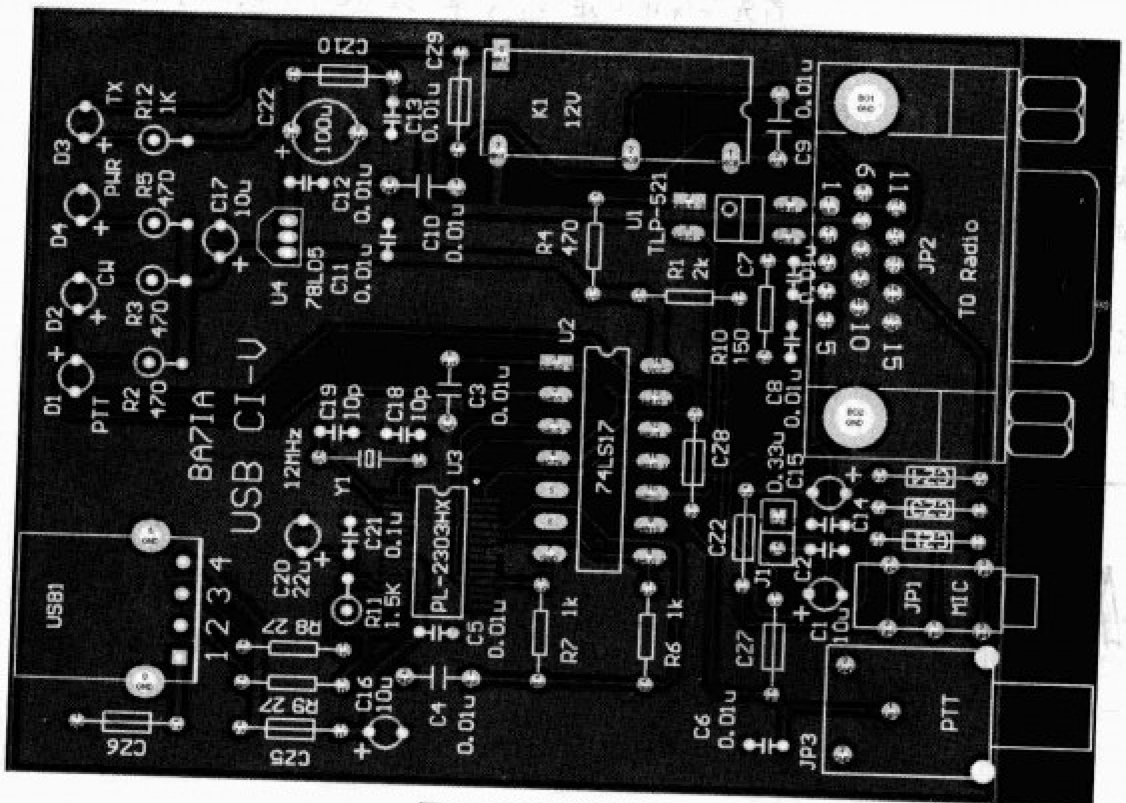


图2 电路的印制板图

在驱动程序安装完成以后，可以在设备管理器的“端口”栏中查询到PL-2303芯片模拟出的COM接口号码。至此，PL-2303XH芯片部分就能正常工作了。然后在应用程序中添入这一COM接口号，应用程序就可以如同采用COM接口一样操作了。读者可按照2008年第6期《无线电》杂志第54页《多功能ICOM CI-V的制作》一文中介绍COM接口的方法对接口的其他功能进行调试。在实用操作上和COM接口无异，只是在应用发送CW功能中，发送的CW有时候会有乱码的现象出现。

支持CI-V接口的软件比较多，一般的电台软件都支持。

附表

元件标号	元件数值	元件名称
C1	10μ/6.3V	电解电容
C2~C13	0.01μ	电容
C14	4700p	电容
C15	0.33μ/50V	电解电容
C16	10μ/6.3V	电解电容
C17	10μ/6.3V	电解电容
C18	10p	电容
C19	10p	电容
C20	22μ/5V	电解电容
C21	0.1μ	电容
C22	100μ/25V	电解电容
CZ1~CZ10	磁珠	磁珠高频滤波器
VD1	PTT	发光二极管
VD2	CW	发光二极管
VD3	TX	发光二极管
VD4	PWR	发光二极管
J1	CON2	短路插座
JP1	MIC	3.5mm耳机插座
JP2	TO Radio	DB-9型9针插座
JP3	PTT	RCA插座
K1	PC1A-12V	12V 1X1继电器
R1	2k	电阻
R2~R5	470	电阻
R6、R7	1k	电阻
R8、R9	27	电阻
R10	150	电阻
R11	1.5kΩ	电阻
R12	1kΩ	电阻
IC1	TLP-521	光电耦合器
IC2	74LS17	
IC3	PL-2303HX	
IC4	78L05	
USB1	USB_B	USB插座
B1	12MHz	石英晶体

8 波段 同轴电缆陷波天线

○ 文/林永春（BA5SBA）

笔者原来一直使用3波段的倒V天线，去年参加IARU HF Championship的CRSA HQ奖状比赛，40m波段、20m波段、15m波段3个波段共6个QSO，CW模式3个，SSB模式3个，只获得了基本奖。其实在10m波段和80m波段我都收到了良好的信号，传播也不错。无奈天线不匹配，发射机无法工作，错失了大好的机会。趁今年修整天线的机会，痛下决心一定要弄个多波段的天线。由于预算有限，所以不准备大兴土木搞YAGI什么的。我家住在市中心，周围有小区，也有工业区，电磁环境复杂。楼高8层，天台的面积也不大，东西方向不到16m，南北方向不到20m，有邻居晾晒衣物。做倒V天线还是比较合适的，但80m波段的倒V天线每边振子需要20m左右，天台摆不开。如果要做多波段，每个波段需要一对振子，5波段就需要10个振子、10根固定绳，拉得像蜘蛛网一样，邻居会抗议的。综合考虑，还是陷波天线比较适合我。陷波天线每对振子都可以有多个波段共用，而且有缩短振子的作用。

陷波天线的原理

陷波天线的主要原理是使用陷波器将天线振子分段使用。陷波器实际是一个并联谐振的LC回路。大家知道，并联的LC回路在谐振时，LC回路的等效阻抗为纯电阻，阻值最大。

如图1所示，如果天线上的工作频率和陷波器的谐振频率一致时，陷波器的LC回路等效阻抗为纯电阻，阻值最大。相当于只有A-A′段的振子工作，B段的振子被隔离，只起到拉绳的作用。如果天线上的工作频率和陷波器的谐振频率不一致时，陷波器的LC回路等效为一个电感线圈，这时B段的振子也参与工作，陷波器相当一个加感线圈的作用。

同轴电缆陷波器的原理

通常的陷波器是由线圈和高压电容构成的LC回路，制作复杂，而且高压电容不易获得。我们这里介绍一种使用同轴电缆制作的陷波器，原理参考图2。同轴电缆陷波器是利用同轴电缆的内导体和外导体之间存在固定的电容，把同轴电缆绕成线圈后，相当于同时绕成了两个线圈。内导体线圈1-2和外导体线圈3-4，把1和4连接后相当与把两个线圈串联，加上内导体和外导体之间存在的电容就构成了一个并联LC谐振回路。

初步的计划

首先要保证有足够的效率。虽然8个波段都可以制作在一对振子上，但是由于陷波器太多，天线的尺寸缩短得太多，效率肯定会受到很大的影响。20m波段是黄金波段，不希望缩短天线振子影响效率。40m波段在市内噪声比较大，缩短一些，噪声也低一些。80m波段振子尺寸太大，肯定要缩短一些。那就把这几个波段规划在一对振子上。因为10m波段和12m波段频率太接近，不适合共用一对振子，所以10m波段和15m波段可共用一对振子。12m波段和17m波段可共

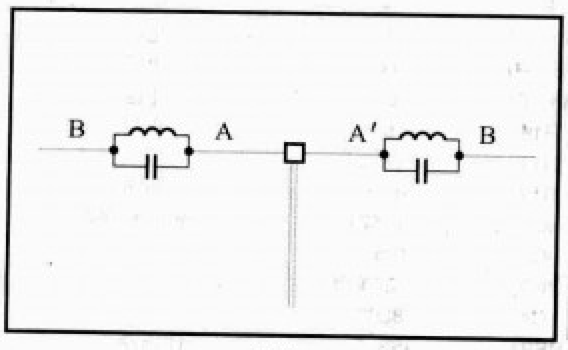


图1

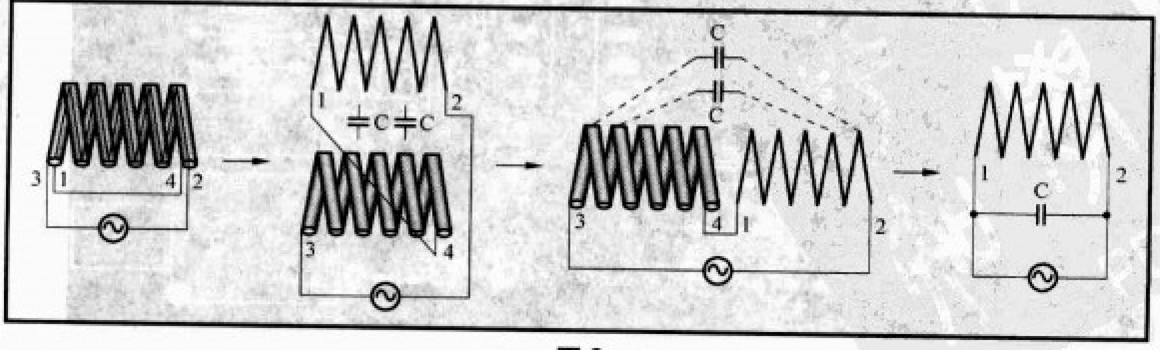


图2

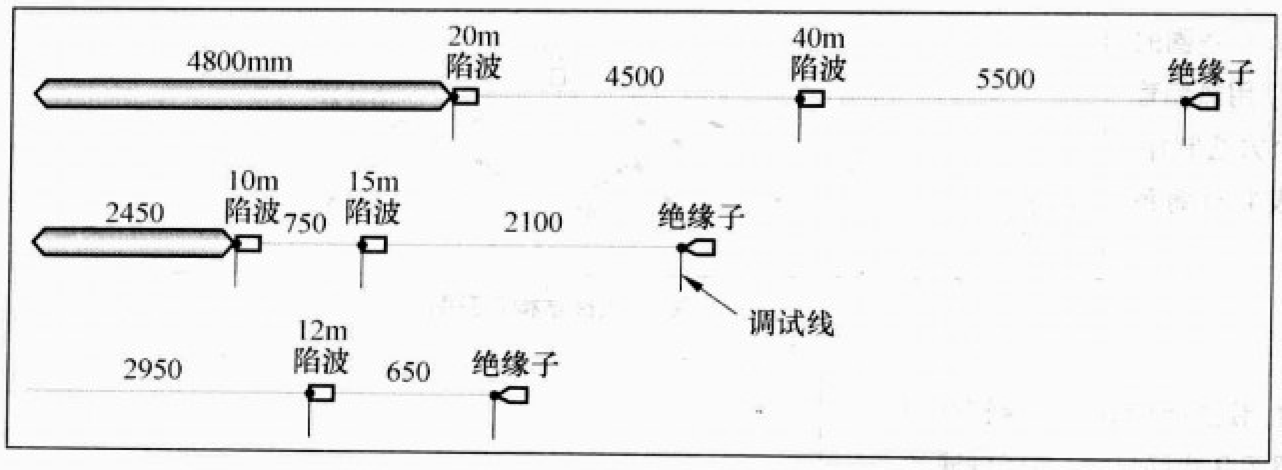


图3 各波段振子的长度

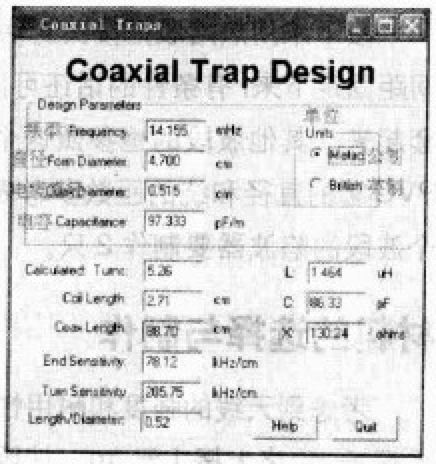


图4 用软件计算同轴陷波器的参数

用一对振子，还有30m波段可以加在任何一对振子上。考虑到效率，因为10m波段、15m波段的陷波器电感量比较小，30m波段振子缩短比例可以小一些，振子尺寸可以长一些，效率也高一些。所以就和10m波段和15m波段共用一对振子。由于10m波段和20m波段的频带较宽，为了扩展天线的带宽，计划使用双线增加天线振子的有效面积，两线之间距离10cm。各波段的振子长度参考图3，结构参考图7，图8。

同轴陷波器的制作

计划好了振子的分布方式后，就可以确定一共需要制作多少个陷波器。根据图3，需要制作10m波段、12米波段、15m波段、20m波段、40m波段等5个波段的陷波器。

我们以20m波段同轴陷波器的制作为例。20m波段的中心频率是14.150MHz左右。使用Coaxial Trap Design软件（可到本刊网站www.radio.com.cn下载）来做计算，要用多少同轴电缆，绕多少匝，通过软件可以很容易地算出参数来，见图4。

首先输入陷波器的中心频率14.150MHz，然后输入PVC骨架的直径4.7cm，笔者选用的是PVC水管的接头，因为它强度高又容易购得。软件中的单位自然是选择公制，如果你选用SVY50-3-2的同轴电缆，电缆的直径和电容可以选用默认值。输入完后回车，软件就会自动计算出电缆的长度（88.7cm）和绕的匝数（5.26匝）。裁剪电缆的时候要注意，留出接头部分的长度后还有88.7cm长。先将电缆的两头剥好，剥皮的时候要注意不要让细铜丝刺到手。

在PVC管上合适的位置钻好孔，把电缆按照计算的匝数密绕在PVC管上，把电缆的外导体和另一头的内导体焊接在一起，剩下的连接到不锈钢的螺栓上。制作好的陷波器见图5。

制作好后要进行调试。可以使用陷波表或者扫频仪进行调试，主要是测试它的谐振频率。我使用自制的NWT-7网络分析仪进行调试的，具体方法是：用一根电线绕两圈把RF OUT端和LOG IN端口连接起来，把要测试的同轴陷波器放在线圈中央，运行软件就可以看到谐振曲线，这是利用谐振回路会从线圈里吸收能量的原理。曲线的最低点就是谐振频率，见图6。如果谐振频率偏低，可以把线圈的间距拨大一些或者缩短电缆的长度。反之，如果谐振频率偏高，可以把线圈的间距拨小一些或者增加电缆的长度。

调试的时候要根据当地的平均气温进行确定。例如南方的平均气温高，可以将谐振频率调到工作频段的低端；北方的平均气温低，可以将谐振频率调到工作频段的高端。这是因为同轴电缆的电容会随着温度变化，温度高时谐振频率就会升高，温度低时谐振频率就会降低。

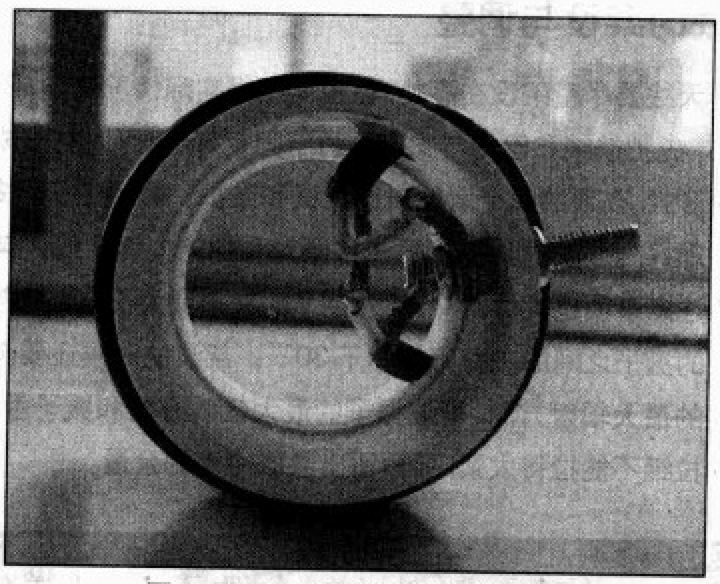


图5 用PVC管接头制作的陷波器

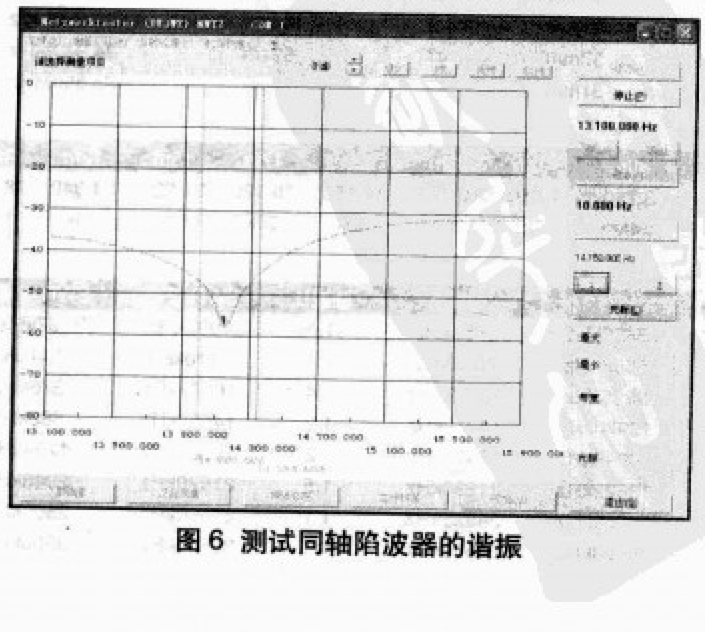


图6 测试同轴陷波器的谐振

接下来用热熔胶把接头封住，把线圈的间距固定下来，有条件的话还可以用热缩管套起来。其他波段的也参照这个方法制作，PVC管的直径和绕的匝数参考表1，注意每个波段的陷波器要制作2只。

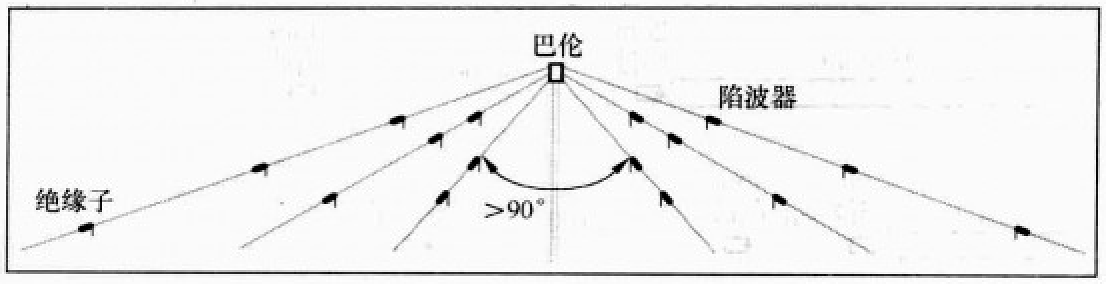


图7 天线结构示意图

材料的选择与制作

考虑到天线的强度和耐用性，我选择1mm的不锈钢绳制作振子，价格大概1元/m。按照图3裁好尺寸，与同轴滤波器按图连接好。由于不锈钢绳是由多股细钢丝绕成的，要注意不要刺到手。不锈钢丝不好焊接,所以巴伦、陷波器等都是使用不锈钢螺丝加垫片锁紧连接。调试线选择多股铜导线，长20cm。由于10m波段和20m波段的振子使用双线，裁线的时候要注意，两线之间使用10cm的PVC管，两边开槽把振子撑开。巴伦和馈线使用原来倒V天线的巴伦和馈线，支撑杆也用原来的竹竿，辅助拉绳也使用和振子一样的不锈钢丝，绝缘子也使用笔者原有的，是使用电木板自制的，用了4年了还很坚固。把振子、陷波器、巴伦、绝缘子等都连接好后，要用万用表检查一下连接是否可靠，然后再把振子整理好、卷好，准备上楼架设。

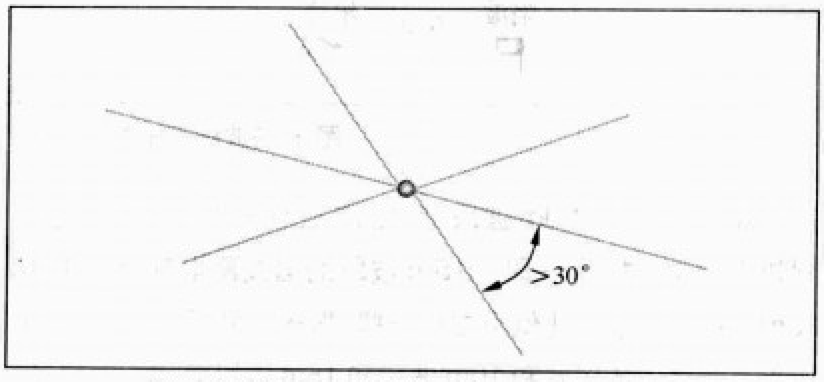


图8 各波段振子之间的夹角不能小于30°

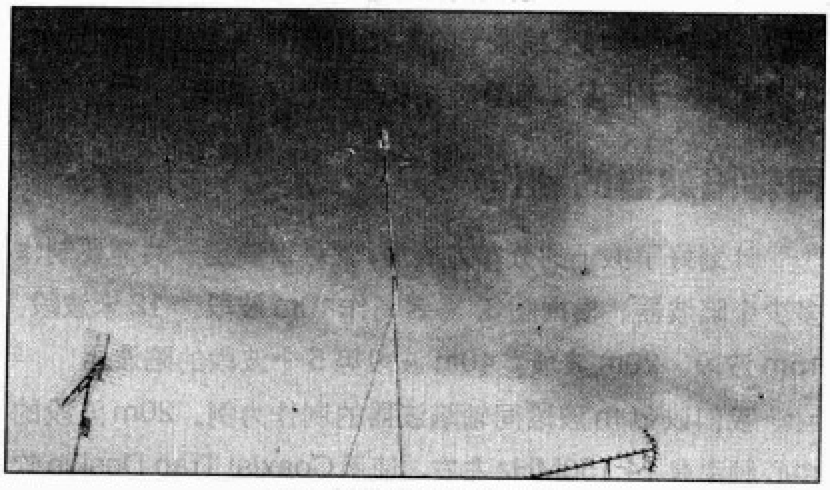


图9 笔者楼顶上的天线

天线的架设与调整

天线要尽量架设在高处，但也要根据实际情况确定，不可强求。先把馈线和巴伦与支撑的竹竿固定好，也可以制作成旗杆的形式，在顶端安个滑轮方便调试和维护。然后把振子按方向整理好，竖起支撑杆，把振子按照对称的方向固定好。架设时的注意事项也类似倒V天线，倒V的夹角要大于90°，各个波段的振子之间的夹角不得小于30°。架设的时候还要考虑天线的最大辐射方向，半波振子的最大辐射方向和振子垂直。辅助拉绳不能拉得太紧，要预留出热胀冷缩的余量。

表1

波段	直径	匝数	电缆长度	谐振频率
40m	57mm	7.75T	153cm	7.014MHz
20m	47mm	5.3T	88cm	14.155MHz
21m	37mm	4.5T	64cm	21.280MHz
24m	37mm	4T	62cm	24.940MHz
28m	31mm	4T	50cm	28.550MHz

表2

波段	80m	40m	30m	20m	17m	15m	12m	10m
MHz	3.750	7.050	10.125	14.155	18.120	21.220	24.940	28.850
每厘米	4k	7k	15k	30k	50k	60k	80k	100k

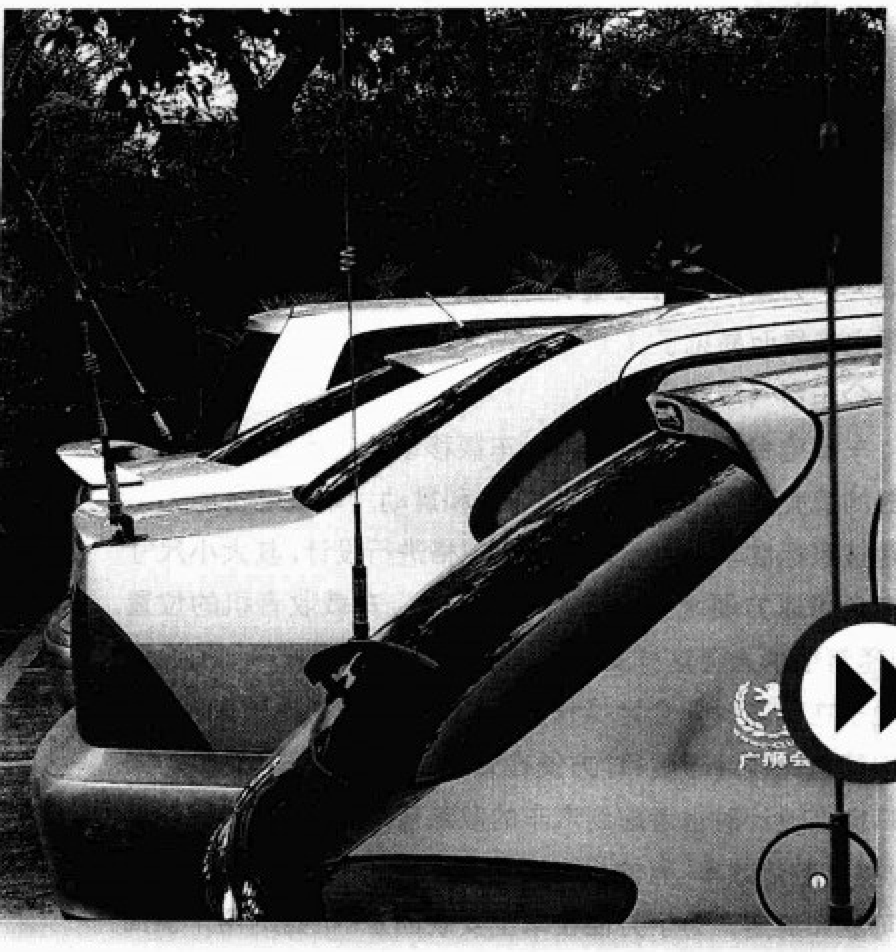
表3

波段	SWR=2 低	谐振点	驻波比	SWR=2 高	SWR=2 带宽
80m	3805kHz	3855kHz	1.5	3902kHz	97kHz
40m	6966kHz	7033kHz	1.1	7110kHz	144kHz
30m	9895kHz	10122kHz	1.4	10271kHz	376kHz
20m	13970kHz	14272kHz	1.2	14653kHz	683kHz
17m	16898kHz	18070kHz	1.2	18622kHz	1724kHz
15m	18622kHz	21230kHz	1.5	21570kHz	2948kHz
12m	24060kHz	24925kHz	1.1	26650kHz	2590kHz
10m	26650kHz	28500kHz	1.3	30550kHz	3900kHz

调整是为了使天线更精确地谐振在工作的波段。首先要测一下各个波段的谐振点（驻波最低点），如果谐振点频率比需要的低，则修剪调试线，反之则加长。修剪尺寸可以参考表2。每次修剪不可过多，剪完后再测一下谐振点，不理想的话重复上述步骤。先调整频率高的波段，然后依次调整各波段。表3是调试好后各个波段的谐振点、驻波比及驻波比为2时的带宽。

使用效果

天线架设好后，我在各波段进行测试。和原来的倒V天线对比，效果相似，80m波段和漳州的HAM试验效果良好。厦门到漳州的直线距离50km左右，可见效率还不算太低。其他波段使用，给我的感觉是，只要能收听得到信号就能叫通。经过2周的测试，笔者已经同BA6JW、BY7VLZ、BD8NBG、BG7JSQ、BG5DMA、BD8GK、BH7LJI、BV1EJ、BD5IR、BA7KM等HAM做了QSO，还同奥运特设台在5个波段做了17个QSO。这款天线安装架设简单，目标也小，不像八木天线那么招摇，不容易引起邻居的误会。



车载电台安装使用全攻略

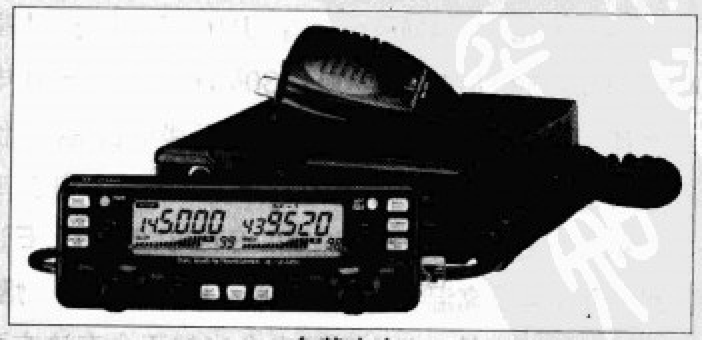
电台选择与安装详解篇

○ 文/吴国光（BA7IA）

随着我国私家车的普及，越来越多的人想在自己的汽车里安装上无线电台。在汽车上安装业余无线电台，可以在驾驶行进中享受到业余无线电通信的乐趣。驱车到一个风景优美、环境宜人的地方，利用车里的业余无线电设备进行通联，可以体验野外通信的乐趣。当一个车队外出时，通过车上的业余无线电台可以交流驾驶信息，协调集体行动，报告紧急状况，在出现问题或险情的时候可以及时呼叫周围的电台守听人员并取得帮助。总之，车载电台可以为我们带来车辆驾驶以外的另一种感受和乐趣。想想看，不同地区的驾驶者通过车载电台这个小小的设备，就能随时实现通信联络，畅通无阻地交流，这是多么神奇而时尚的事情。也许你一旦使用上车载电台就发觉离不开它，从学习操作车载电台开始，吸引着你更深入地去探索博大神秘的无线电世界。

通常在汽车上安装的无线电台，以使用144MHz和430MHz的FM业余频段为最多，选择FM（调频）话音调制模式最主要的原因是这种模式的抗干扰性强，信号的传真度比较高，能收发清晰稳定的话音，机器调整比较简单，发射系统效率很高，非常适合作为汽车移动通信。144MHz和430MHz业余频段属于超短波频段，所用的天线可以做得比较短小，方便在汽车上安装设置。超短波频段的电波主要是以直射波在视距范围内传播，而且这种传播不受天气和时间变化的影响，比较稳定，同时，在超高频上噪声干扰也比低频率小。因此，采用VHF或UHF频段可以很方便地进行汽车与汽车之间，或汽车与固定电台之间进行通信，还可以通过在高处架设的中继电台和更大范围内的电台进行通信。近年来，随着业余无线电收发信机技术的发展，业余短波电台的体积也日益小型化，甚至可以和VHF/UHF频段做在一起，缩小到跟VHF/UHF频段车载电台一样大小。因此，越来越多的业余无线电爱好者在他们的汽车里也安装上从HF到UHF全频段的业余无线电台，采用短波进行通信，联络范围能够扩展到全球。在数字化技术急速发展的今天，业余无线电通信也进入数字化的阶段，使车载业余无线电的通信方式有了更多样化的应用，通信的内容也从过去单纯的话音扩展到车辆GPS定位信息、互联网信息和多媒体信息等。相信通过广大业余无线电爱好者的大胆探索和创新，一定还有更多的车载移动通信技术和设备涌现出来。

安装在汽车上的业余无线电台系统大致上可以分为三大部分：第一部分是车载电台，也就是业余无线电收发信机，这是车载电台系统的主体，决定了车载电台系统的性质和主要特征。第二部分是天线系统，由天线和传输电缆组成，是作为电波发射和接收的门户，在很大程度上决定车载电台系统的接收和发射的性能，同时对车辆的外观也有所影响。第三部分是电源系统，可利用汽车本身已有的电源系统，它在很大程度上受汽车本身结构的影响，同时会影响整个系统的稳定性和安全性。在上述三个部分中，车载电台的选型和安装相对比较独立，可以按照自己个人的喜好进行选取，仅受汽车安装位置的影响。而另外的两部分的安装和选型都需要与所安装汽车的内部结构和外观、型号相结合，受不同汽车的车型和结构等的制约和影响比较大。



车载电台

我们现在安装在汽车上的无线电台都是选用厂制的成品设备，市面上有很多型号的业余无线电台支持144MHz和430MHz业余频段，也就是通常所说的V段和U段的电台，同时也有很多“专业无线电台”支持这些频段，通常选择安装在汽车上的业余无线电台，最低限度要满足以下条件：

★所覆盖的频率范围是144MHz（144~148MHz）或430MHz（430~440MHz）业余频段。

★为了能进行中继台的操作，需要具备差频和哑音频功能。

★建议选择可以手动设置频率的机器（就是可以直接选择频率并自由储存到频道里，而不用电脑写频的）。

★建议功率25W以上（车台）/支持最大5W（手台），以保证通信的距离。

◇业余无线电台：

专为满足业余无线电爱好者使用而设计、制造的无线电台。这种针对业余无线电业务而设计的机器，其主要特点是操作功能要齐全、面板显示的信息丰富，能显示频率数值、接收信号值和发射强度值等，可进行多种频率扫描方式，可以在面板上直接输入频率值。其技术指标、设备的稳定性、频率稳定性、可靠性以及工作环境也相对专业无线电台要差些。业余无线电台一般都有一个特点，其工作频率范围较宽，都可以在VHF/UHF频段的全段范围内工作。VHF段为136~174MHz、UHF段为400~470MHz工作，有些甚至可以在800~900MHz频率上接收，但其技术指标只是在业余频段中得到保证。由于业余无线电台价格比较低，一些专业用户也将业余无线电台作为他们所选用的机型，在此时最好请有经验的工程师重新调试一下，以保证在工作频段的性能指标。

◇专业无线电台：

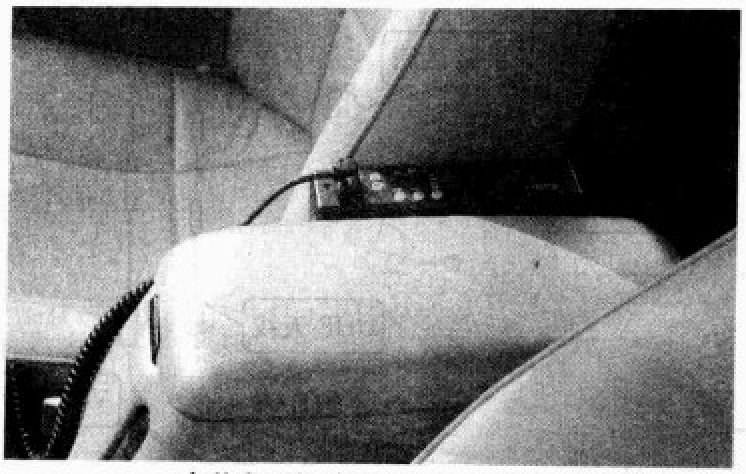
专业无线电台是提供给特定专业业务使用的，其使用者通常都没有太多的无线电知识。因此，专业无线电台的特点是操作功能简单实用，机器皮实耐用。在设计时都留有多种通信接口供用户进行二次开发，其频率和功能的设置大都是通过计算机进行编程。为了频率的保密，在其面板上显示的只是频道数，而不直接显示频率值，频率的稳定性也较高。通常专业无线电台的工作频率范围比较窄，在VHF频段时分为V高段（148~174MHz）和V低段（136~160MHz），另有一部分是全段（136~174MHz）。在UHF频段则分U高段（450~47MHz）和U低段（400~430MHz），专业无线电台的技术性能、可靠性、稳定性都较业余无线电台高，其价格自然就比业余无线电台要高，有的甚至高出很多。部分专业无线电台的设计是按照美国军标MIL-STD810C、D、E进行试验，试验项目包括高温、低温、日晒、防晒、防潮、烟雾、防尘、防震、防冲击等。业余无线电台当然不会在这方面投入很大的力量，因此，专业无线电台和业余无线电台的品质差距也就显而易见了。

◇车台（车载电台）

车载电台都是厂家专门为车载移动运用而设计制造的，机器的机壳坚固结实，结构耐冲击和震动。车载电台的大小通常按照标准车上收音机的体积规格进行设计，其大小尺寸使车台可以方便地安装在汽车驾驶台上车载收音机的位置（但通常很少人会这样安装）。车载电台采用“拖咪”的设计很便于在驾驶时安全地操作，操作面板的按钮比较大，显示的字符也比较清晰醒目，方便在驾驶过程中操作和认读。同时厂家在设计时也考虑到汽车的散热条件，加大散热器的设计，提高散热效率，有的机型还装有散热风扇，保证电台的运用可靠和稳定。为了方便在车上安装固定，机器的两个侧面有安装螺丝孔，电源和天线连接线则在机器的后面引出。近年来，车载电台流行面板分离式设计，使车载电台的安装位置更加灵活，适合车内空间狭窄的车型，也使操作更加方便。车载电台发射的功率比较大，输出功率通常在15~35W，最大的甚至可达70W！车载电台需要配备设置于车外的专用车载通信天线（大家常说的“苗子”），一般通信距离可在几千米至几十千米，在一定的地形条件下（如高山上）可以通联上百千米。在车队行进过程中，车载电台组成的系统可以有效地保证车队成员在一定范围内收到车载电台发出的信号，比如车队分散前进且相隔较远的距离，或者派出探路的车辆和车队距离比较远的时候。车载电台电源不受限制，连接汽车蓄电池的13.8V电源，只要车辆发动机正常运转，就可以正常使用。但是车载电台的移动性比较差，只能在车里使用，或者配备220V转13.8V稳压电源在固定地点使用。

分离式车载电台

一体化车载电台



安装在副驾驶位旁的操作面板

安装于后视镜上方的电台显示面板

◇手台（手持电台，手持式对讲机）

手持电台设计成便携形式，机上已经装有便携小天线和电池（作电源），机器的重量轻、体积小，通常单手即可握持操作，使用方便灵活。手持电台的操作按钮和显示屏都比较小，在驾驶中不易进行操作和认读。手持电台的发射功率有限，通常功率在0.5~6W之间，一般通信距离几千米，在高山或其他特殊地形也可与几十甚至上百千米的电台进行通联，但这种机会不多。因为手持电台的发射功率小，加上机上的天线效率低，而且受到车体本身金属壳的屏蔽影响，将会使收发效果大打折扣，因此手持电台在车内使用时，通信距离比较短。可以通过在车外接专用天线（苗子）来提高一些发射和接收性能，但即使是这样，手持电台的发射功率太小，通信距离也没有车台的远。在装有中继电台的地方使用手持电台，利用中继电台的转播会使其通信效果和距离都得到很大的改善，只要在中继电台的覆盖范围内，手持电台的使用效果与其他形式的电台区别不大。

手持电台受电源限制很大，通常使用电池供电，需要进行充电，发射操作越频繁耗电越快，一般的手持电台充电一次大概可以使用0.5~1.5天。在汽车上安装使用手持电台，可以采用电源适配器，利用汽车上13.8V电源进行供电。手持电台的移动性强，在车队到达目的地或人员离开车的时候，继续组织活动非常有效。

如果是一个初入门的爱好者，刚开始接触业余无线电，兴趣范围只是和几个朋友通过中继电台进行交流，偶尔跟随车队外出自驾游，那么可以选择一款手持电台作为入门配置。如果需要经常在车上使用电台，建议加接车外专用天线，最好能配备备用电池、携带充电器和电源适配器。假如你对业余无线电通信很感兴趣，希望结交更多的空中朋友，需要更进一步扩大通信范围，想要进行远距离的直接通联，经常作为自驾游车队的组织者，那么可以考虑选择一款车载电台，在车上安装成套系统。至于是选用国产机还是进口机、全新机还是二手机，就要视个人财力状况和当地无线电管理机构的要求而定。国产机价廉物美，但功能和质量方面相对较差，对于单频段的机器可以选用国产机，而具有分离面板和多频段功能的机器都只有进口机才有。二手机可以用比较低的价钱买到功能比较强大的机器，但是二手机品种繁多、鱼龙混杂，二手市场上存在很多的拼装机、改装机、翻修（新）机等，这需要内行人才能淘到好货，并且有很多二手机很难通过无线电管理机构的设备审验。

对于车载电台的选择，可以根据个人的喜好、财力状况和兴趣需求而定。

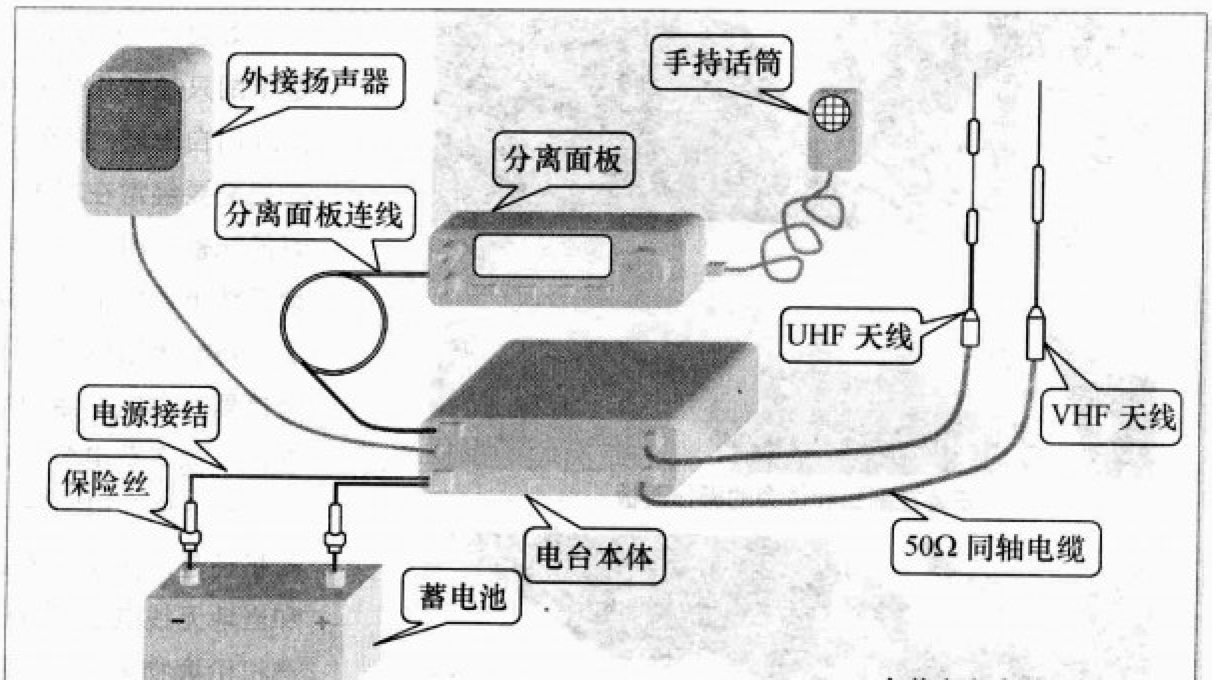
在车上进行设备的安装，需要拆卸汽车上的某些饰物，需要在车里进行各种加工，对于车主尤其是新车的车主需要下很大的决心。若是动手能力强的爱好者可以尝试自己动手进行安装，如果对于自己安装没有把握的，最好找熟识安装的人进行安装。

无论是车台还是手台，在汽车上的安装首先是要确定安装的位置，不可以将电台设备原封不动地摆在汽车内。为了方便驾驶者进行操作，大多数情况下都会把电台安装在驾驶座和驾驶台的附近。在正式安装之前先把机器试摆在各个可能的安装位置，确认显示屏是否容易看见，手是否可以容易操作按钮和旋钮，是否会妨碍驾驶操作，有没有阻挡视线，安装的位置是否牢靠等。因为机器一经安装以后，重新安装会很麻烦，所以在安装前要进行慎重的考虑。你也可以在各种车型的网络论坛上试找找自己车型车友们的安装经验进行参考。具有分离面板功能的车载电台安装比一体化的车载电台安装的灵活性更大，通常可以将机器安装到小轿车的后备箱中或驾驶座下面的空间，而控制面板则留在车辆前部的控制台上方便操作，也可以把控制面板安装在后视镜或车顶车厢灯附近的位置。

手持电台在车上使用若没有被固定，很容易在行驶中随时到处滚动或掉落，影响驾驶的安全。比较好的做法

在不影响驾驶安全和操作方便的前提下，可以根据不同个人喜好和车辆具体内饰情况，寻找合适的安装位置。

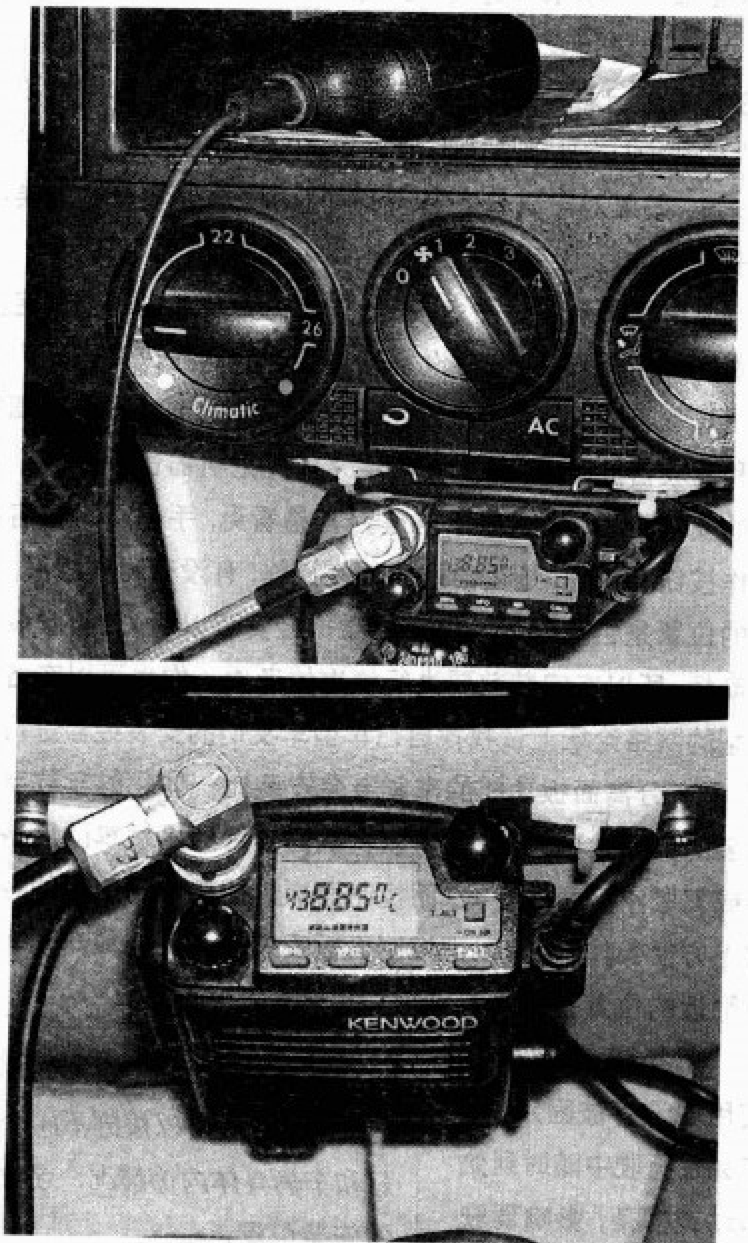
是把手持电台固定在一个位置上，然后外接一个小拖咪，退出机上的电池，通过电源适配器，利用汽车上13.8V电源进行供电，用同轴电缆把天线接到车外面，采用高增益的车载天线。固定的形式可以采用活动式的，需要时可以随时拆下来恢复成为手持电台。固定手持电台的材料可以利用市场上合适的手机固定夹子，手持电台可以夹在门边手套箱、储物槽或者水杯架上。手持电台的体积小、重量轻，可以安装在意想不到的隐蔽位置里，以减少玻璃被砸的风险。



车载电台安装接线图

在安装车载电台前，要仔细阅读设备的说明书，认真遵从说明书所列明的安装使用注意事项，在这里，笔者试列举一些比较通用的要求。

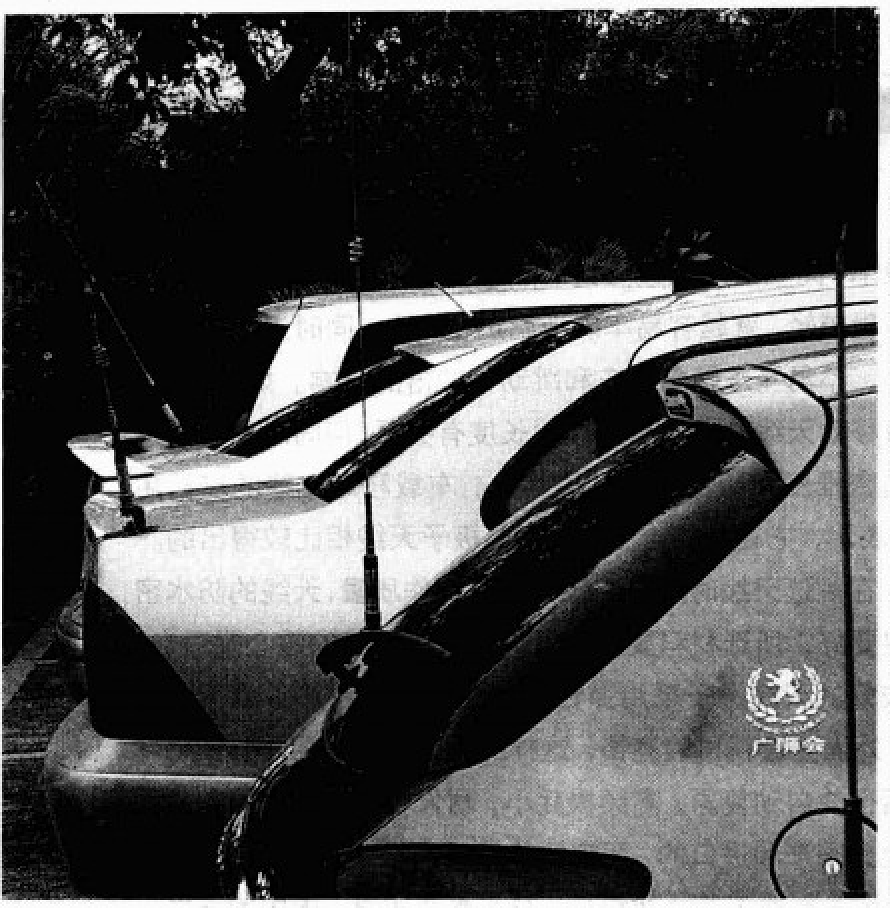
需要注意，电台不要被安装在车的电子电路附近。现代的汽车里都会安装有行车电脑、各种控制器、传感器、中控防盗锁和音响设备等精密电子装置，这些设备的正常运行会关系到行驶车辆的安全。但是这些设备会和安装进来的电台相互产生影响，一方面，汽车原有电子设备工作时可能产生干扰信号影响电台的接收效果，而另一方面电台的大功率发射信号也有可能干扰到车上电子设备的工作。因此从安全出发，宜尽量远离这些设备为佳。搞不清楚这些电子设备的安装位置，可以到4S店询问有关的技术人员。电台安装的位置要尽量避免阳光的直接照射，不单影响机器的散热性能，同时也不容易看清显示屏。



安装在空调调节开关下方的电台

电台安装时需要注意不要被设置在车子的暖风和冷风出口，若是暖风吹着设备，会影响其散热性能，使发射功率降低，影响工作的稳定性。设置在冷暖风出口附近时，冷暖风容易使设备的冷热温差过大，引致内部电路板热涨冷缩应力过大而产生故障。同样的，为了保证电台的使用可靠和稳定，在安装时要注意给予电台有良好的散热条件，特别是在运用发射功率比较大的时候更要留意。要注意在电台上也不要堆放太多的杂物，影响电台的散热性能。应尽量采用购买车载电台时配有的U型车载安装架来安装电台，除了安装比较牢固以外，采用安装架安装好的电台都自然留有帮助设备散热的缝隙。安装电台的螺丝要合适，太长的螺丝会损坏里面的电路，应尽量采用购买车载电台时配来的螺丝进行安装。电台应避免安装在震动大、环境恶劣的地方，例如发动机舱里。不要把电台安装在容易被踩踏或碰撞到的地方。电台必须被牢靠地固定住，不要使其产生松动。电台设备的各种接头都要牢固可靠，不要让接头受到拉力，必要时要进行捆扎固定。

（编者注：下期将为读者介绍车载天线安装和电源使用的相关问题。）

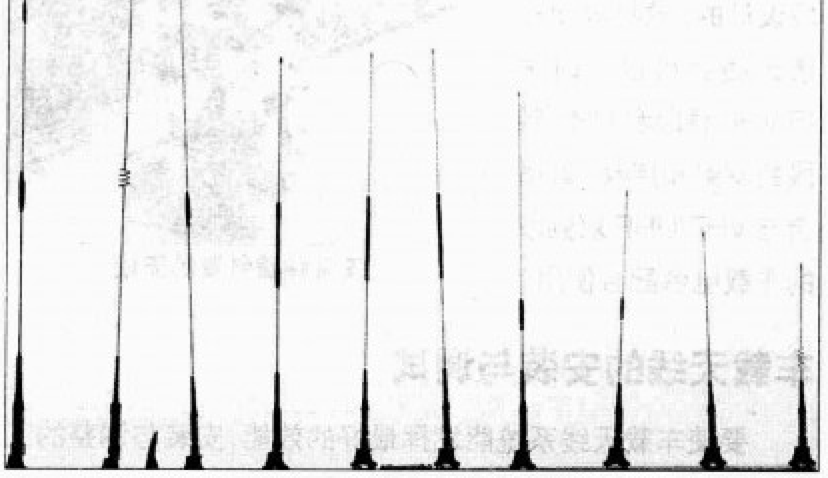


车载电台安装使用全攻略

车载天线的选择和安装

○ 文／吴国光（BA7IA）

天线作为通信系统的重要组成部分，其性能的好坏直接影响整个通信系统的接收和发射性能。车载移动收发天线的特点是天线的架设高度比较低，天线受车体的影响很大，车体既是天线辐射的障碍物，也是天线辐射体的一部分，天线的工作环境与地形地物、车体结构、汽车的运动状态和周围的动态环境有着密切的关系。车载移动收发天线要求在机械结构上能经得起机械震动和冲击，并且在受到震动和冲击时电气性能不起变化，同时要求天线的重量要轻，安装调整简单，不影响汽车的外观和驾驶安全等。车载移动天线系统已经发展成为一个相对独立完整的部分，根据车载移动运用的特点而进行开发设计的天线系统，主要围绕轻小高效的原则。业余无线电车载移动天线系统一直是业余无线电活动自制设备之中最热门的领域，相对于固定台的大型天线系统而言，车载移动天线系统以其结构简单，容易制作，效果良好而吸引着业余无线电爱好者进行各种探索。



各种型号的天线

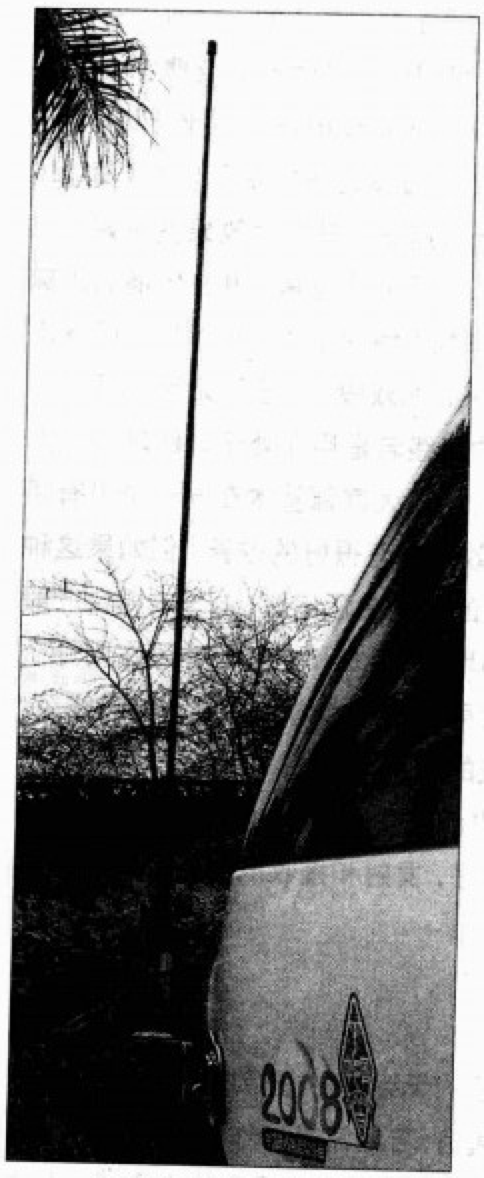
车载天线的特点

市面上的车载式无线电收发信天线外观上大多数是垂直安装的金属细杆的形式，被形象地称为“苗子”。这种天线发射和接收的是垂直极化波，天线在水平方向上是均匀辐射的，也就是说是全向辐射（或无方向性）的，这对于车载使用是非常重要的，它可以让我们在行驶中不需要费神去对准天线的方向。而在垂直方向一般是使电波向水平（地平面）方向集中，增益越高的天线，电波就越集中扁平地向外辐射。对于“苗子”天线而言，天线越长，其辐射效果就越好，增益也越高，在同等条件下，天线增益越高，电波传播的距离越远。为了能进一步提高车载天线的增益，可以把多段基本振子按一定的措施层叠起来，如双段1/2波长天线、5段5/8波长天线等。这种高增益的天线若是用在处于开阔地的汽车与汽车之间进行通信的话，由于大家都基本在同一个没有阻挡的水平面上，因此通信效果将有很好的改善。但如果这种天线是用于与中短距离上的中继台通信时，由于中继台一般是被设置在位置比较高的地方，汽车和中继台并不在同一个水平面上，这时的通信效果就会不如增益比较小的天线了。通常天线既可以进行电波的发射，也可以接收电波，并且在性能上是完全一致的，也就是说如若天线系统的发射效果好，则其接收性能也会很好，发射和接收的增益和方向性是一样的。

车载天线的选择

要挑选一条适合自己的天线，首先是要看你需要进行本地通联还是要进行远地通信，若经常是用作在市区范围里通过中继电台进行通联，则可以挑选短小轻量的小天线，因为

车载天线



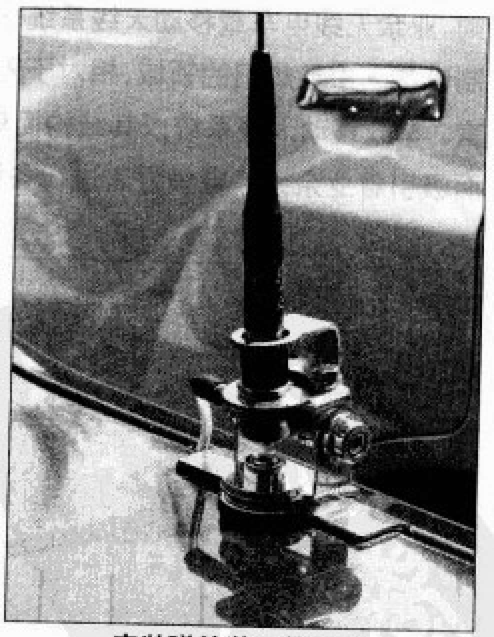
装于后备箱侧的天线

在市区移动环境中杂乱的人为干扰比较大，短小的天线接收增益较低，对周围的干扰信号的敏感度低，干扰信号不容易使电台的接收部分过载。而且短小天线的辐射仰角比较高，容易和中继台相匹配，天线的增益小一点对于收发中继台的信号影响不大，反而能使接收的信号更清晰稳定。同时，短小的天线也不用担心刮到路边树木、电线、广告牌等低矮物品，方便进出地下停车场和矮的天桥底等地方。当用于郊外车辆之间进行直接通信联络时，适宜采用比较长的天线。郊外的人为干扰比较小，地形比较开阔，在水平方向的阻挡比较小，高增益的天线可以增加车辆之间的通信距离。天线的重量越轻，就越容易牢靠地固定在车上，同时天线的惯性也小，不易受车辆急刹车和跳动等冲击的影响。如前所述，车载移动天线的增益和天线的长度有关系，但同时也与制造的精密程度和所使用的材料有关。车载移动天线的增益用 dBi 表示，它是与标准 1/4 波长偶极子天线相比较得出的。

在挑选天线时还要比较天线的制作质量，天线的防水密封性要好，所选材料要好，设计合理，天线的重心要适当。比较好的天线振子采用弹性好的钢丝制成，加工成下粗上细，外面先镀铜再镀亮铬，这样的天线振子风阻小，受力弯曲后很快自动复原，高频损耗小，耐候性好。厂制的车载天线也分国产和进口的，两者的价钱差别很大。在车载天线领域，由于制造工艺比较简单，技术含量不高，国内的一些厂家经过多年的模仿制造，积累了一些生产经验，质量有了很大的提高，比如在车友间流行的“仿钻苗子”单频段车载天线，已经能够做到价廉物美、性能稳定、质量保证。当然，挑选天线的品质关键还是内在的品质，这一点从外观是不能了解的，所以最好在选用的时候通过驻波表或天线分析仪等测试仪表进行测试比较，也可以用实际通联效果比较的方式进行挑选。

有些天线为了防止天线振子被刮断，在天线振子的根部安装弹簧装置，有些天线为了方便车辆通过地下停车场和桥底等低矮的地方，振子设计成可曲折水平放置。

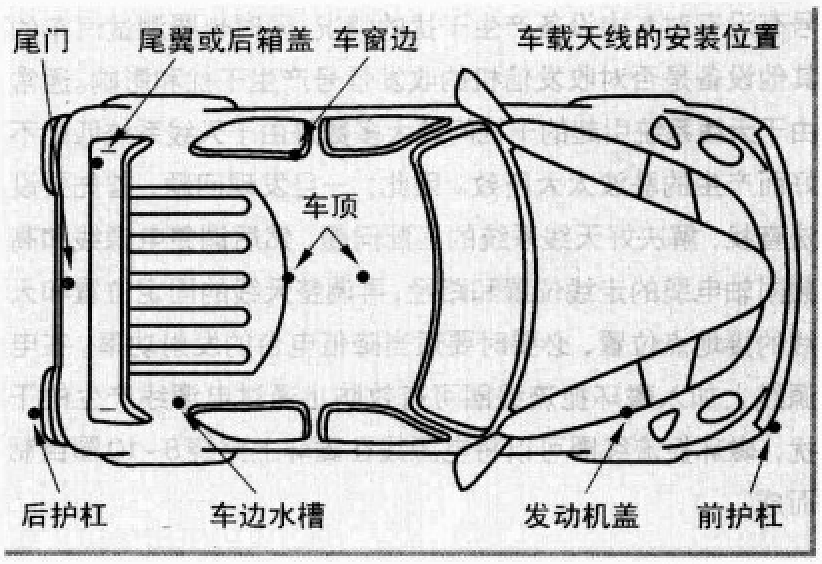
最后，还要根据不同的车型来挑选天线，在选定天线增益后，天线的长度应根据车辆的大小比例进行选择，使天线安装后能够与车辆的外型相协调，对爱车起到装饰的作用，为汽车的外观增加亮点。对于轿车可选择修长型的天线，对于越野车则可选择粗大狂野一点的天线。市面上的进口车载式收发天线有很多是 VHF/UHF 双频段设计的，这样只要一条天线就可以同时进行 VHF 频段和 UHF 频段的发射和接收，最适合与 VHF/UHF 双频段的车载电台配合使用。



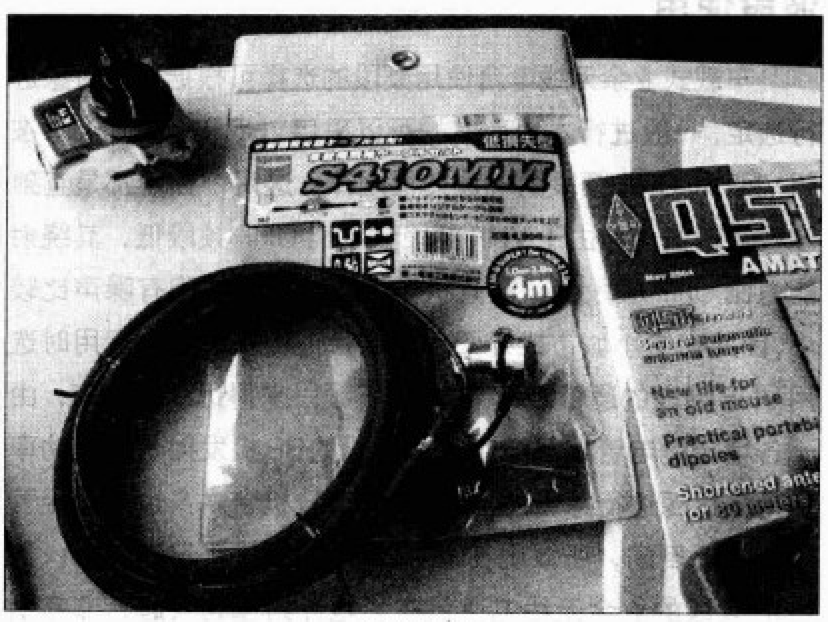
安装弹簧装置的天线

车载天线的安装与调试

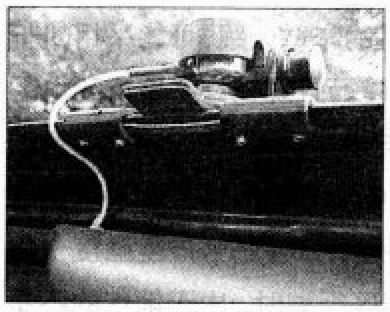
要使车载天线系统能发挥最好的效能，安装与调整的工作就显得非常重要。在汽车上安装车载天线系统，除了要考



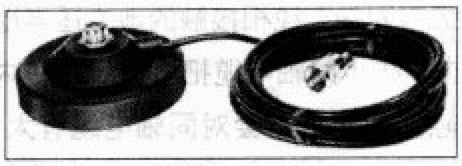
车载天线的安装位置



同轴电缆


车边水槽天线夹

虑到电性能之外，还要考虑机械性能，天线系统与车辆整体外观的协调性以及汽车行驶的安全性等因素。通常车载天线架设高度越高，天线的辐射效果就越好，天线的辐射方向图也越接近于无方向性。经过实际测试可知，车载天线安装在车顶的正中央，其收发效果最好，这是首选的安装位置。由于汽车的机械震动比较大，而且常处于高速行驶，天线受风阻的影响受力比较大，经常会刮到路边树木和地下停车场限高栏等低矮物体，因此在安装车载天线系统时一定要把各部件切实固定妥当，安装完成后用手试着摇动天线，测试安装是否牢靠。车载天线系统是采用垂直极化方式，在安装车载天线时需要使天线保持垂直安装，以充分发挥天线的接收和发射效能。若把天线歪往一边安装，不但会使天线收发垂直极化方式电波的效率降低，而且也会使天线的辐射方向图畸变，使原来无方向性的天线辐射特性变成有一定方向性的辐射，这样在车载行驶运用时会产生收发信号时强时弱的不良效果。


磁性吸盘座

为了把天线固定在车上，人们设计出好几种天线固定装置，比较简单直接的固定安装方法是直接在车顶上钻一个安装孔，在孔中安装专用的天线固定插座。这种安装方式比较完美和专业，天线的使用效果也最好，更省却了电缆穿越车体的烦恼问题，而且这种天线固定座加入了橡胶密封垫，因此无须担心漏水问题。但是需要在车顶上钻洞这个方式比较粗野，不是每个车主都能接受的。因此，在业余条件下比较常采用的有磁性吸盘座和天线夹两类安装方法，天线夹又可以分为车边水槽夹和车盖夹两种，可根据实际使用情况选用。通常磁性吸盘座多用于临时架设或需要经常拆装的使用情况，而且磁性吸盘座的附着力比较小，只适用于固定比较轻小的天线。采用磁性吸盘座的优点安装比较灵活，但磁性吸盘座极容易擦伤车顶的漆层。天线夹多用于固定安装，由于采用螺丝固定，安装比较坚固，适合于大型车载天线的安装。但采用天线夹安装时，其安装位置上的限制比较多。有些天线夹具有可放倒功能，若天线比较长，进出车库或比较低矮的地方天线有可能被刮倒时，可暂时把天线放倒，比较先进的方法是通过控制电机使天线放倒，无需停下车来用人手操作。

安装好天线座以后，就要想办法把同轴电缆引入车内和车载电台相连接。移动通信系统使用特性阻抗为50 Ω的同轴电缆作为馈线，把电台和天线连接起来。为了有效地把电波从电台传输到天线接口，应尽量减小同轴电缆的传输损耗。传输损耗取决于同轴电缆的直径和长度，也和制造同轴电缆所采用的材料和工艺有关系。通常在频率不变的条件下同轴电缆直径越大，损耗越小，同轴电缆越长，损耗越大，采用镀银线、空心或发泡工艺的同轴电缆损耗会较小。原则上，要求电缆的传输损耗不宜超过3dB，在实际应用中可根据自己的情况合理选择同轴电缆的型号及长度。对于不同的车型，电缆引入的地方可能大不一样，把电缆引入车内最好能找到车体上内外相通的孔道。通常在轿车的行李箱里有好几处用橡胶塞子堵住的小孔，可用螺丝刀小心地把橡胶塞子撬开，探索这些孔洞是否与车外相通。从相通的孔中引入同轴电缆，将之前撬下来的橡胶塞子钻一个能紧贴同轴电缆进入的孔，穿入同轴电缆以后安装回原来的地方。若没有合适的孔洞可以利用，同轴电缆就只能在天线座的附近通过车门或车箱盖等缝隙引入车内。比较好的做法是在车门或箱盖靠近合页的地方引入同轴电缆，因为这个地方随门盖开关的行程比较小，对同轴电缆的牵拉作用比较小，从而使同轴电缆比较容易固定，同轴电缆被扭曲受力的机会也比较小。在门

盖与同轴电缆相接触的地方适当地用胶布或橡胶垫等进行密封，防止同轴电缆把雨水导入车内，同时也要注意调整好间隙，使门盖不会对同轴电缆有太大的压力而把同轴电缆压扁，造成同轴电缆的特性阻抗变坏，使损耗增加。如果车门缝隙很小，也可以采用一段比较细的同轴电缆（最好用损耗比较小的特制特富龙银线电缆）来做引入线段，进入车体内部再转换成比较粗的同轴电缆，现在已经有些天线安装配件厂家提供这样的安装配件产品。同轴电缆走线时应尽量避免靠近发动机仓等温度高、震动大的地方，以免同轴电缆长期在高温高湿的恶劣环境下加速老化，造成天线系统的性能在短期内恶化。同时同轴电缆也应远离车内的行车电脑、中控锁和其他感应器等易受干扰的设备及其布线，以免电台系统对这些设备造成干扰，危害行车安全。走线位置尽量不要使同轴电缆受到压力和拉力等应力的影响，最好是在原有地板垫子的下面走线，尽量缩短同轴电缆的敷设长度。同轴电缆在敷设完成以后，如果发现电缆还有很多富余，应该把富余部分电缆截断重新焊接电缆头，以减少电缆多余部分所带来的无谓损耗，避免降低天线系统的效率。采用分离式安装的车载电台，可以使电台的本体尽量和天线的引入线位置靠近，以最大限度地缩短电缆的长度，减少因此产生的损耗。

要注意天线系统的防水问题，天线与电缆主要是靠连接器进行连接，采用自粘性橡胶密封带，将其拉伸后，以半搭形式缠绕在连接器上，可起到良好的密封防水作用。另外，在馈电线进入车内的地方设法弯一个返水弯，可避免雨水沿电缆灌入车内。

天馈系统安装好后，最好能使用专用检测仪器进行检测。通常可在电台和天馈系统之间串接通过式功率计，检验电台设备输出功率和反射功率的大小，以判断天线系统工作是否正常。最后，把电缆头从功率计中取出接到电台的天线端，拧紧电缆头以后，就可以进行试机了。在试机的过程中，要注意天线旁边不要站人，密切留意电台的发射信号有没有对车内设备产生干扰的情况，同时也要测试汽车的其他设备是否对收发信机的收发信号产生干扰和影响。通常由于天线系统引起的干扰问题大多数是由于天线系统匹配不好而产生的驻波太大所致。因此，一旦发现问题，首先要设法查找、解决好天线系统的匹配问题，然后调整电源线和高频同轴电缆的走线位置和路径，再调整天线的固定位置和天线的接地点位置，必要时要适当降低电台的发射功率。在电源线上加入磁环扼流线圈可有效防止通过电源线产生的干扰，磁环扼流线圈可以将电源线在磁环上穿绕 8~10 圈自制而成。

波段使用

车载式业余无线电台使用频段的选择可根据通信对象进行选定，一般进行本地通信的可以采用VHF和UHF频段。按照 VHF 和 UHF 频段的电波传播规律，这两个频段都是直射波视距传输，但由于 VHF 频段频率比 UHF 频段低，其绕射能力比 UHF 频段强，而且机器内部放大器的固有噪声比较小，因此在中小城市或开阔丘陵地带进行车载移动运用时选用 VHF 频段的通信距离会比 UHF 频段来得远。近年来，由于各地无线电管理部门对VHF频段的BB机发射台等大功率宽带干扰源进行综合的治理整顿，BB 机台本身也由于经营不下去而倒闭，所以现在 VHF 频段的干扰正日渐减少，使 VHF 频段的业余无线电通信在各地开始蓬勃兴起，非常活跃。但在一些大城市里，由于高层建筑比较多，加上人为干扰还比较大，因此，若配合高增益的车载天线，可能采用UHF频段比VHF频段的通信效果更好。而且现在许多城市和地区都建立起 UHF 频段的业余中继电台，采用 UHF 频段电台则更方便。在城市和山区，发射的电波受到阻挡会经过不同途径传输到一个地点而产生干涉现象，致使信号产生强度变化和相位干扰失真。车辆在这些地区行驶时，由于地点的不断变化，电波的干涉也在不断地变化，使收发信号的强度和相位不断地变化，信号会产生杂音和失真。由于 UHF 频段的波长比较短，因此，产生干涉的距离也比较短，车辆在行驶时就更容易感受到电波干涉所带来的杂音和失真。若采用 VHF频段进行通信，由于VHF频段的波长比较长，则不容易产生很大的由电波干涉所带来的杂音和失真现象。

近年来比较流行 VHF/UHF 双频段的 FM 模式车载业余无线电台，一方面是由于技术的进步使双频段机和单频段机无论是在体积上、装配上或者价格上差别已经不是很大，另一方面这两个业余频段都非常适合作为车载移动运用，同时双频段的操作也增加了许多操作功能，增加了使用的灵活性，进一步提升了业余无线电操作的乐趣。因此，在差不多的条件下，建议优先选用 VHF/UHF 双频段车载电台。

应急通信中的电源保障

文/杨 法（BD4AAF）

电源是无线电通信能量的源泉，再高级的无线通信设备离开了电力供应都只能成为废铁一堆，所以在应急通信中电力保障成为重中之重。固定通信设备的供电，便携和手持通信设备的充电都成为很实际的问题。应急通信通常都是在特殊情况发生后需要紧急部署的临时通信力量，特殊情况涵盖各种极端的可能性。通常这时公共电力供应往往不能作为稳定的依靠，这就需要应急通信系统中的电源保障多元化，能够独立自主供电，有条件的最好冗余配置，有备无患，真正做到“手中有粮，心中不慌”。

当公共电网依然可以利用时尽量利用公共电网为通信设备供电，因为这是最方便、廉价并可持续应用的电力来源。根据形势的估计抓紧时间最大限度地为备用蓄电池和便携设备的备用电池组充电，同时积极准备自发电设备以便公共电网瘫痪时接替供电，如果预计需要长时间使用发电机还要找好油料获取渠道。

作为应急通信的电源保障装备常见的有发电机、蓄电池、UPS、太阳能电池板、直流稳压电源以及各种通信设备的备用电池组。

发电机设备

发电机（图1）是在没有公共电网可利用的情况下最常用的电力自主产生设备，常用的有汽油发电机、柴油发电机、手摇发电机、汽车发电机等。发电机可以将其他形式的能量转换为电能，一般依据结构形式和功率来划分类型。配备汽柴油发电机首先考虑其输出功率，一般要求大于系统供电的容量的30%以上，这样可以保证发电机长时间工作和提高临时增加计划外供电负荷的能力。发电机的功率有kVA和kW两种表示方式，有的商家为了达到夸大数值的目的使用kVA单位。kVA是视在功率，kW是有效功率，他们之间的关系一般认为1kVA=0.8kW。

图1 发电机

名牌的发电机在性能和可靠性方面都更有保证，雅马哈发电机、本田发电机、大洋发电机、罗宾发电机、久保田发电机都是小型发电机中知名度较高的品牌。国产的名牌优质小型发电机性能也不错，价格要比进口货便宜不少，预算比较紧的用户可以考虑。操作发电机最好由受过专业使用知识培训的人员进行，确保发电机安全经济运行。

手摇发电机一般功率比较小（在100W以下）通常只能作为单一中小功率设备供电。虽然它的功率小，但使用只需要人力，不需要燃油，作为最后的发电设备有特殊的意义，同时它也可以为电池充电之用。

汽车发电机是在紧急情况下应急利用的发电设备，主要对蓄电池进行充电，而蓄电池可以直接为很多通信设备供电。

蓄电池

蓄电池（图2）是一种将电能转换为化学能存储的设备，蓄电池可以通过串联成为电池组提高电压，是应急通信中主力电源之一。通常适当进行电压组合的蓄电池可以直接为电台供电。蓄电池具有输出电力纯净、输出电流大、无工作噪

图2 蓄电池

声等优点。使用蓄电池一定要在电源线上安装保险丝，因为蓄电池短路时输出电流极大，意外短路容易损坏设备甚至引起火灾。

蓄电池在低温下会使放电特性受到影响，应该受到重视，尤其是计划在寒区使用的用户，适当的保暖措施是有必要的。市场上有抗低温的蓄电池产品。

蓄电池本身不产生电能，是靠释放前期存储的能量来提供电力，所以当蓄电池耗尽时应尽可能地为它充电并循环使用。发电机通过充电机可以为蓄电池充电，汽车发电机也可以直接为蓄电池充电（注意电压匹配）。在没有时限的灾害型应急通信中，我们甚至可以搜集损毁车辆中的蓄电池，作为能源储备。

为蓄电池充电一般除了利用用电器自身的充电功能外，需要使用独立的充电器充电。高效的自动充电器可以缩短充电时间，提高效率，并简化蓄电池的维护工作强度。一款高性能的充电器可以使工作效率事半功倍。一些蓄电池的检测仪器（如内阻测量仪、电池分析仪等）可以及时测出蓄电池的当前状态，使用者可以根据情况做出一些补救处理，及时剔除性能严重下降的蓄电池，保证每块储备电池都具有良好的性能，即随时都能“拉得出，打得响”。

在战备情况下，维护好蓄电池对于蓄电池的寿命和性能有很大关系。建议至少每月一次给蓄电池进行一次充放电循环，通过测试蓄电池内阻和容量来判断蓄电池状态。有的蓄电池虽然号称免维护，但如果定期适当的维护能更好地延长蓄电池的寿命。蓄电池一直浮充或者长期存放都容易引起老化，要让它适时地放电工作。对于那种一充就满，内阻很大的蓄电池要及时更新。对于高要求的用户，一块蓄电池存放/使用2～3年就应该更换新品。在免维护电池中，松下、汤线、复华、统一品牌都是性能比较有保证的产品。

UPS 不间断电源

UPS（图3）在应急通信系统中主要起到逆变、稳压、滤波的作用。UPS 的逆变作用主要是将电池的直流低电压(一般是 12~48V)转换为与市电相当的 220V 交流电。需要注意的是，只有注明正弦逆变的高档 UPS 和在线式 UPS 才保证逆变出来的是正弦波交流电，大部分廉价的后备型UPS都是方波逆变，长期方波逆变使用会影响某些用电设备的安全性，正弦逆变的 UPS 是我们的首选。

图3 UPS 不间断电源

UPS的逆变功率和逆变时间是大家关注的。UPS的逆变功率标志其带负载的能力，市场上UPS功率标称也有VA和W两种表示方式。UPS的逆变时间与电池组的容量和实际逆变功率有关。很多UPS简单改装就是为UPS接上更大容量的蓄电池，使UPS能够工作更长的逆变时间。不过对于一些廉价的短时供电的后备型UPS，这样改装需要注意安全，因为这些UPS本来是按短时逆变设计的，在散热方面都没有充分考虑长时期工作的需要，长时间高负荷工作很容易损坏UPS。

UPS的稳压和滤波功能可以弥补公共电网和发电机输出电力的不稳定以及夹带的脉冲干扰，可以安全地保护一些高档用电设备的安全。当然UPS最基本的工作就是保持持续供电，对于突如其来的断电可以及时通过逆变功能保障用电设备连续工作。需要指出的是，市场上一些廉价的UPS，为了节省成本省略或者简化了滤波和稳压的功能，对于应急通信的使用效果会大打折扣。

UPS具有逆变的特性，同样存在逆变效率的问题，所以如果电池能够直接为通信设备供电的情况下建议直接用电池供电，如果利用UPS逆变升压，再用直流稳压电源降压使用是不经济的，也是浪费能源。移动电话、对讲机、卫星电话的充电器最好事先都准备220V市电和12V汽车电源两种电源输入连接线（很多车用充电器/适配器都是支持12V直流电压的），因地制宜灵活使用。

高档UPS中APC、SANTAK、梅兰日兰、EMERSON都是业内非常著名的品牌。

太阳能电池板

太阳能电池板（图4）可以利用太阳能提供电力驱动，可

图4 太阳能电池

图5 稳压电源

谓是取之不尽的环保能量源泉，但是太阳能电池板在有限的面积下输出功率不高，不能取代发电机和蓄电池的工作。在应急通信装备主要是作为补充供电的角色，通常提供移动电话、卫星电话、对讲机电池的充电工作。

稳压电源中，菊水、北京大华、台湾GW固伟、安泰信都是知名品牌，性能有保证。

直流稳压电源

应急通信流动性大，设备往往需要机动搬运，所以理想的设备是体积小、重量轻、安全可靠性高。直流稳压电源（图5）负责将电压较高的交流电变换成通信设备需要的低压直流电。直流稳压电源的电路形式有线性变压器电源和开关电源。线性电源结构简单、故障率低、高频干扰小，早期直流稳压电源都采用这种形式，所以在业余无线电界中有些老观念认为线性电源性能优于开关电源。其实不然，目前新型的开关电源技术已经达到非常成熟的水平，开关电源相对传统线性电源具有重量轻（相对同输出功率等级产品）、转换效率高的特点，虽然开关电源线路比线性电源复杂得多，但其设置多重保护模式，安全性依然可以信赖。有的开关电源具备宽电压幅度输入，从90～250V都能适应，这样既能适应不同地区电网的标准，同时在一定程度上也对抗电压过低、电压不稳有一定作用，这都是线性电源很难做到的。有的用户提出开关电源的谐波散射会干扰短波段通信，其实这要看开关电源在设计生产时的要求，一些对EMI要求不高的工业开关电源可能有这种情况。通信开关电源对EMI指标非常重视，其采取的强化滤波等一系列措施完全能胜任短波段工作的要求。现在很多内置电源的短波电台，包括高档业余电台和军标电台内置的电源，大多是开关电源结构。所以作为应急通信配置的直流稳压电源，建议选择相对轻便的开关电源为上。配置稳压电源要在功率容量（最大输出电流）上留有足够的余量，这样既能提高电源连续安全工作的几率，也能在紧急情况下为其他通信设备供电。通信设备和电源所用到规格的保险丝要多预备几套，防止仅因为保险丝故障而无法工作。

备用电池组

备用电池组指的是手持对讲机的电池块和便携电台的电池单元，对于高负荷使用的一线主力设备，建议按照1:2的比例配备备用电池组，并配合独立充电设备及时快速充电（<3小时），这样能保证对讲机时刻保持工作状态。

锂电池、镍氢电池、镍铬电池是目前对讲机最常用的电池类型。由于锂电池重量轻、自放电率小、没有记忆效应，所以在移动电话和对讲机中逐渐取代镍镉、镍氢电池成为主力。在很多人看来，镍铬电池已是低档电池的代名词，而锂电池代表高性能电池，但在低温条件下锂电池放电特性不佳的情况对某些应用场合不能忽视。如果对讲机要在严寒环境下使用，镍镉电池就能显示其优越性。也正是这个原因，很多对讲机制造厂家在标配锂电池或镍氢电池组后，依然提供镍镉电池组作为选配件。由此，如果考虑到应急通信装备需要在严寒地带使用，有必要准备一些镍镉电池组。

备用电池组在平常的战备情况下需要经常维护，无论是镍镉、镍氢电池，还是锂电池免维护电瓶，每月都建议充放电一次，以保证电池活性。同时在维护电池时配合电池维护仪的电量测试功能及时发现性能下降的电池组，如果不能修复，则应替换新品，以保证备电量的充足。

常用备件

在后勤保障中除了主力设备外还有一些常用的附件备件，这些东西虽然价值不高，但往往在实际应用中也起着重要的作用，通常备件和工具到用时方恨少。

图6 拖线板

长距离的电源延长线轴（图6）可以及时将远处的公共电网电源或发电机的电力传送到通信设备上，有时发电机工作噪声和干扰比较大，所以需要放置在离工作区较远的地方。普通的拖线板可以起到分线器提供多个插座的作用，拖线板上最好有电力指示装置（指示灯或电表）和电源开关，以方便快速判断电力输送状态。对于有过流保护的拖线板最好选择非熔断保险丝型的具有复位功能的产品，这样可以避免更换保险丝管的麻烦。准备一些万能插座的转换插头，以适合一些非国标电源插头的用电器接入使用。对于有24V电源系统的地方，准备24～12V转换器非常有用，因为大部分通信电台设备都是12~13.8V输入要求的。万用表也必不可少，可以适时地检测供电线路，寻找故障。维修工具与备件是排除设备故障的有力保障，对于容易出现故障的部件应该提供多套备份，做到有备无患。

写在前面：

前段时间笔者在清理房间时，无意中发现了一块PCB，仔细看了看，原来是若干年前BD6CR根据一款美国套件中的PCB修改而成，当时由于一些关键器件难以获得，只焊上了集成电路的插座后这个DIY项目就没有继续下去，随着时间的推移，现在电子市场上各种器件比以前有很大的改观，很多关键的器件都可以找到，这也为我们DIYer提供了许多便利，看着这块PCB，笔者决定来完成它。

通过网上搜索，发现这款电路不同寻常，它是由新英格兰QRP俱乐部（New England QRP club）推出，后来这个设计发表在2004年11月《QST》杂志，并在ARRL出版的经典书籍之一《QRP Power》上作了十分详细的介绍，K1SWL对该电路做了进一步改进后推出了SW+系列套件(国内也因此常常将仿制的套件命名为SWL)，该系列套件包括80m、40m、30m等型号，所用的PCB是一样的，只是本振与中频部分不同而已，该套件还常被作为QRP入门学习套件所使用，国外有许多HAM都制作过。笔者在介绍这个套件的完整制作过程之前，将一些QRP制作的入门知识介绍给大家，希望对初学者有所帮助。

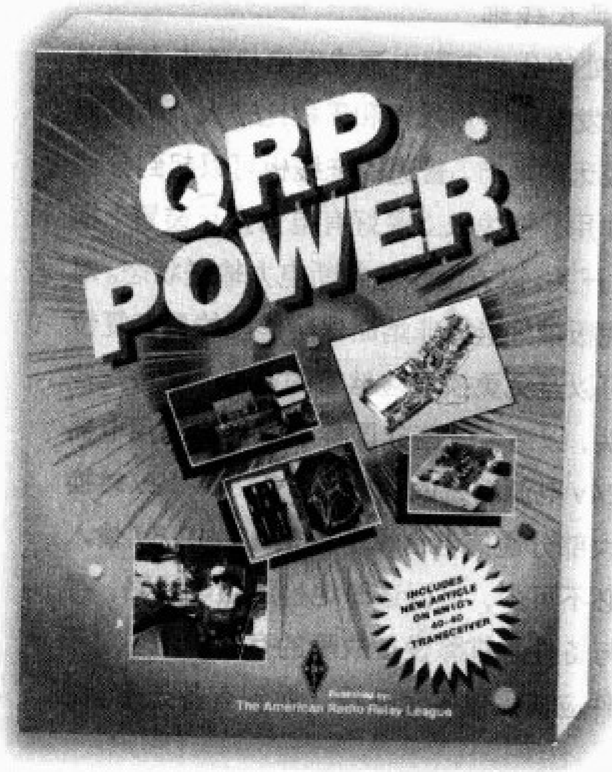
小功率电台（QRP）

入门学习必备知识

○ 文／阮东升（BA6QH）

工欲善其事，必先利其器，对于QRP制作，这里的“器”并不是单纯的指工具仪器等，考虑到高频电路有别于其他电路，有其独特之处，QRP入门的工作，笔者认为应当从以下3个方面入手：

1.理论知识的准备
2.特殊器件的认识
3.工具仪器的准备



理论知识的准备

国外的业余无线电活动一直没有停顿，各种理论基础知识及前沿技术不断发展，因此爱好者可以多参看一些国外的经典书籍，如《无线电》杂志即将出版的中文版美国《业余无线电手册》，这本书可谓集业余无线电之大成，是HAM枕边必备工具书之一。另外，由J.卡尔.约瑟夫所著《射频电路设计》（中文版）、国内张肃文编《高频电子线路》等都是非常值得研读的书籍（图1）。

图1 理论书籍

业余DIYer必备计算公式

当然，我们大多数爱好者所从事的工作并不都是电子专业，不一定要掌握那些复杂高深的理论，对于业余DIYer来说，最关键的是要掌握一些计算公式并且能够将这些公式运用于实际，其中最常用的是LC谐振回路的计算公式见公式1。

公式1： $F=1/(2\pi\sqrt{LC})$
公式2： $C=1/(39.5F^2L)$
公式3： $L=1/(39.5F^2C)$
公式4： $N=100\sqrt{L_{\mu H}/A_L}$
公式5： $Z_P/Z_S=N^2_P/N^2_S$

在一个特定的频率下，如果电感或者电容为已知，则可以通过公式2、3来计算出所需电感或者电容的值。

公式1～3中，电感的单位是H,电容的单位是F，频率的单位是Hz，在计算最后结果的时候不要忘记进行单位换算。在每年的业余电台等级升级考试的试卷中都可以看到有一二道题就是考的LC谐振回路的一些换算，请各位HAM同仁务必牢记在心。当然现在有一种小程序可以自动进行换算，大家有需要的可以到网上自行下载。

计算绕制线圈的电感量或者根据已知的电感值计算出所需绕制的圈数的公式为公式4。公式中的 A_L 是电感系数，在业余条件下要精确地测量一个未知线圈的电感量十分不易，有了这个系数值，我们就可以用此公式来计算了。

在一些用于阻抗变换的场合，也常常用到公式5，即阻抗比等于匝比的平方。

特殊器件的认识

HAM自制收发信机最头疼的莫过于线圈的绕制，尤其是小信号选频调谐回路的线圈（中周），在缺乏足够仪表时，确定线圈圈数是件令人头痛的事。在国外，有一种FCZ品牌的中周广泛用于HAM自制的机器里，其实它就是由日本业余无线电爱好者JH1FCZ创办的“FCZ研究所”推出的系列产品。在国内，BG6QBY为解决这一令DIYer头疼的问题，经过不断试验，成功仿制并推出了DIY牌系列中周，经过爱好者实际制作证明，各项性能指标完全达到要求，为国内HAM自制低成本收发信机铺平了道路（图2）。

中周有了，高频电路里还有一些磁环也是必不可少的，

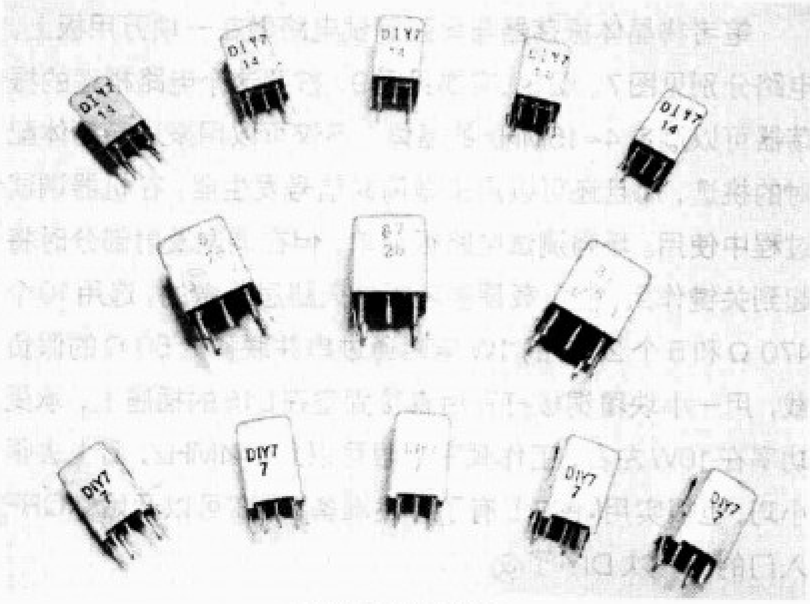


图2 DIY-7中周

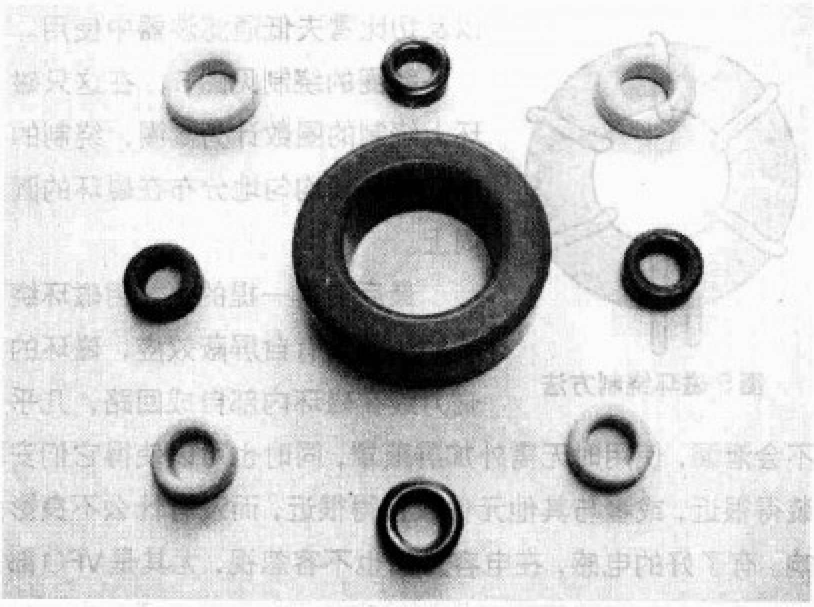


图3 美式磁环

附表 常用美式磁环参数

型号	A_L值（电感系数）	磁导率μ	应用场合
T-37-2	40	10	10MHz以下LC调谐回路、切比雪夫低
T-50-2	49		通滤波器LPF以及窄带高频变压器，其
T-68-2	57		中T-130-2可用于DIY天调中电感以
T-130-2	110		及7HMz以下大功率LPF中线圈的绕制
T-37-6	30	8	10MHz以上LC调谐回路、切比雪夫低
T-50-6	40		通滤波器LPF以及窄带高频变压器，由于
T-68-6	47		-6系列磁环的温度稳定性非常好，也常
			用于VFO、VCO等振荡电路中L的绕制
FT-37-43	420	850	高频扼流圈(RFC)、宽带高频变压器以
FT-50-43	523		及宽带传输线变压器

在此笔者要介绍的是美国阿米东（Amidon）公司出品的系列磁环（图3）。

该系列磁环在全世界HAM中是应用最多的，附表中笔者列出了国内能够得到的常用磁环。这些磁环可以适用于绝大多数的QRP电路。

美式磁环的命名方法见图4。

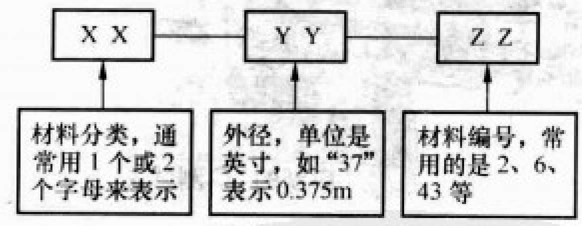


图4

可根据输出功率的大小来选用相应的磁环，一般而言，外径37的可以承受5~10W，外径50的可承受20~50W，外径68的可承受50~100W。

常用的美式磁环分为FT系列（铁氧体材料）以及T系列（铁粉芯材料），其中FT系列主要用于对电感精度、稳定度以及对电感Q值要求不高的场合，如高频扼流圈(RFC)。另外，其重要的一个用途就是用来制作宽带高频变压器以及宽带传输线变压器；T系列磁环主要用于对电感精度、稳定度和电感Q值要求很高的场合，多在VFO、VCO、VXO电路

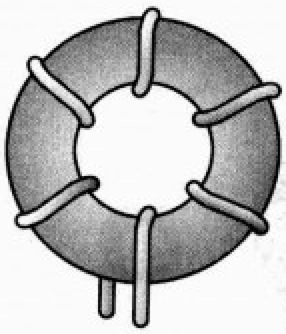


图5 磁环绕制方法

以及切比雪夫低通滤波器中使用。

线圈的绕制见图5。在这只磁环上绕制的圈数计为6圈，绕制的漆包线必须均匀地分布在磁环的圆周上。

最后值得一提的是，用磁环绕制的线圈具有自屏蔽效应，磁环的磁力线在磁环内部自成回路，几乎不会泄漏，使用时无需外加屏蔽罩，同时也可以使得它们安装得很近，或者与其他元件放置得很近，而没有什么不良影响。有了好的电感，在电容方面也不容忽视，尤其是VFO部分的电容，如果温度稳定性不够高的话，则振荡频率也会飘忽不定。为此，笔者不惜成本，在DIY时3000pF以下的电容全部选用的是零温度系数NP0的独石电容，虽然增加了成本，但保证了整机性能，而且作为自己玩的机器是可以不计较这些的。

工具仪器的准备

除了常见的万用表、焊台以外，我们还需要准备可调电源、频率计（可从网上购买二手的，性价比很高）、驻波/功率表（可以购买成品或者自制）、LC测试仪（自制）（图6）。除了这些，笔者还自制了一些简单的测试设备，如晶体振荡

图6 测试仪器

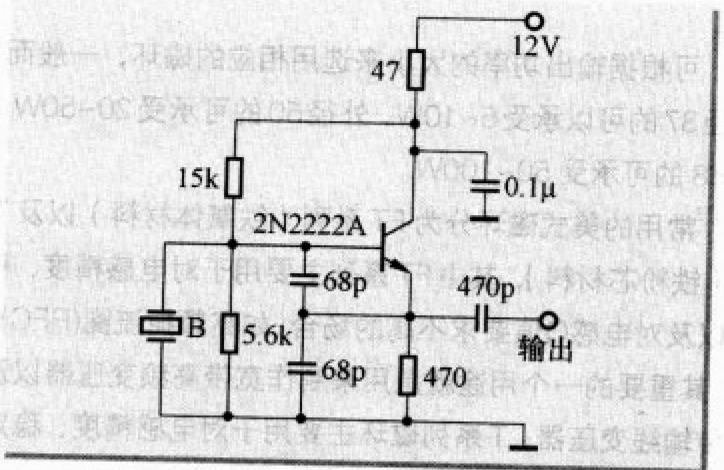


图7 晶体振荡器电路

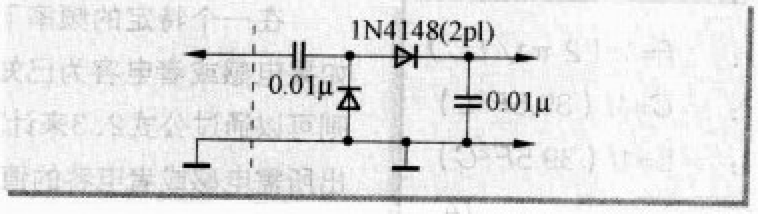


图8 场强测试电路

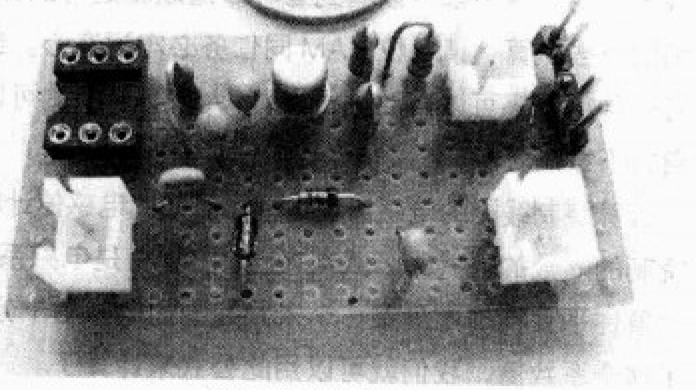


图9 做好的板子

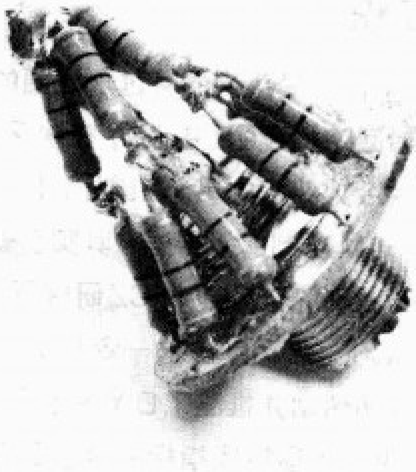


图10 假负载

器、简易场强测试电路、假负载等。虽然这些都是自制的“土”玩意，但在QRP电路的制作过程中可以发挥巨大的作用。

笔者将晶体振荡器与场强测试电路做在一块万用板上，电路分别见图7、图8，实物见图9，按照这个电路搭建的振荡器可以测量4~15MHz的晶体，不仅可以用来进行晶体配对的挑选，而且还可以用来做简易信号发生器，在机器调试过程中使用。场强测试电路很简单，但在调试发射部分时将起到关键作用，假负载是参考国外火腿思路做的，选用10个470Ω和5个20Ω的1W电阻通过串并联构成50Ω的假负载，用一小块覆铜板打孔后直接固定在L16的插座上，承受功率在10W左右，工作频率上限可以到144MHz，看上去很小巧，也很实用（图9）。有了上述准备，现在可以开始你QRP入门的第一次DIY了

经典 QRP 电路 SW40+ 实作详解

夜鹰，顾名思义就是在夜间活动的鹰，但它并不是我们平常白天能够看到的那种猛禽种类，相反它身形小巧，白昼静伏于山林间，黄昏后才开始出来活动，虽然没有庞大的体形，却有迅速而敏捷的身手以及锐利的双眼。笔者最近 DIY 了一台 7MHz 的 QRP 小型收发信机，而我们也知道 7MHz 的 DX 传播都是在深夜时分开通，这台小机器给我的感觉就好似城市上空的夜鹰，每当夜幕降临之时它就用锐利的眼睛，时刻紧盯着猎物（DX 电台），随时准备出手给其致命的一击。下面就请跟随笔者一起来看看这只“夜鹰”是如何孵化成的吧！

城市上空的“夜鹰”（上篇）

文／阮东升（BA6QH）

制作关键词：供电 本振 低放 差拍振荡器 晶体滤波 接收混频

“夜鹰”的电路方框图见图1，原理图见图2，笔者对本机的工作原理不做具体阐述，而是在具体制作过程中做简要说明，同时笔者是抱着一种享受的态度来进行制作，本机的具体制作依然是按照方框图来采用模块安装法，这种方法实践证明是成功率最高的，这就像我们童年时代搭积木，充满了童趣。接下来，我们一起来搭建这个“成人的积木”，来享受 DIY 带给我们的快乐。

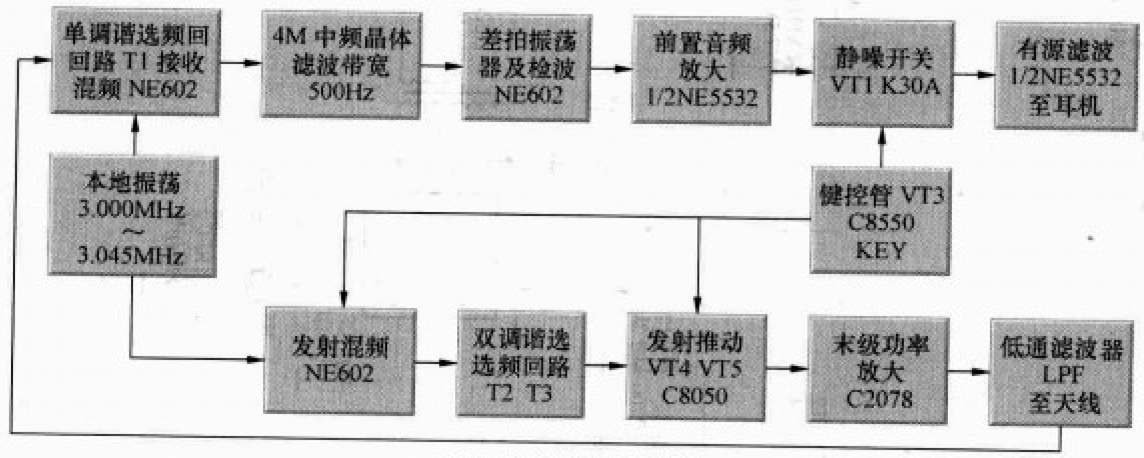
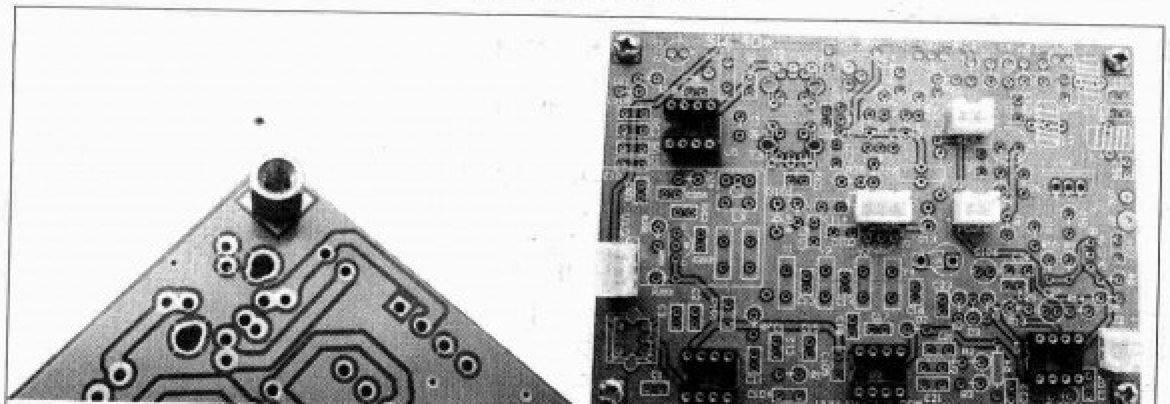


图1 夜鹰电路方框图



反面铜柱　　正面接插件

图3

1. 安装集成电路的插座以及耳机、电源、KEY、电位器等部分的接插件

这里要特别注意的是，安装前需在电路板的反面安装好4只铜柱，这样在调试的时候与电路板工作台有一段距离，防止工作台上的一些物件造成电路板的短路（图3）。

2. 安装供电部分

安装VD13 1N4007、78L08以及周边的滤波电容，记住要将VD2 1N4148也装上，通过它给振荡管提供电源，接通电源后测量相应部分的电压，电压准确即为合格。

3. 安装本振部分

这部分是本机的心脏，也是最需要花心思安装调试的部分，其成功与否直接关系到本机的性能，频率稳定度是本部分首要考虑的，从电路上看这是一款考比兹振荡器，晶体管选用大众管C8050就可以有很好的表现（笔者曾使用高频专用管C1359，在这里却不行，

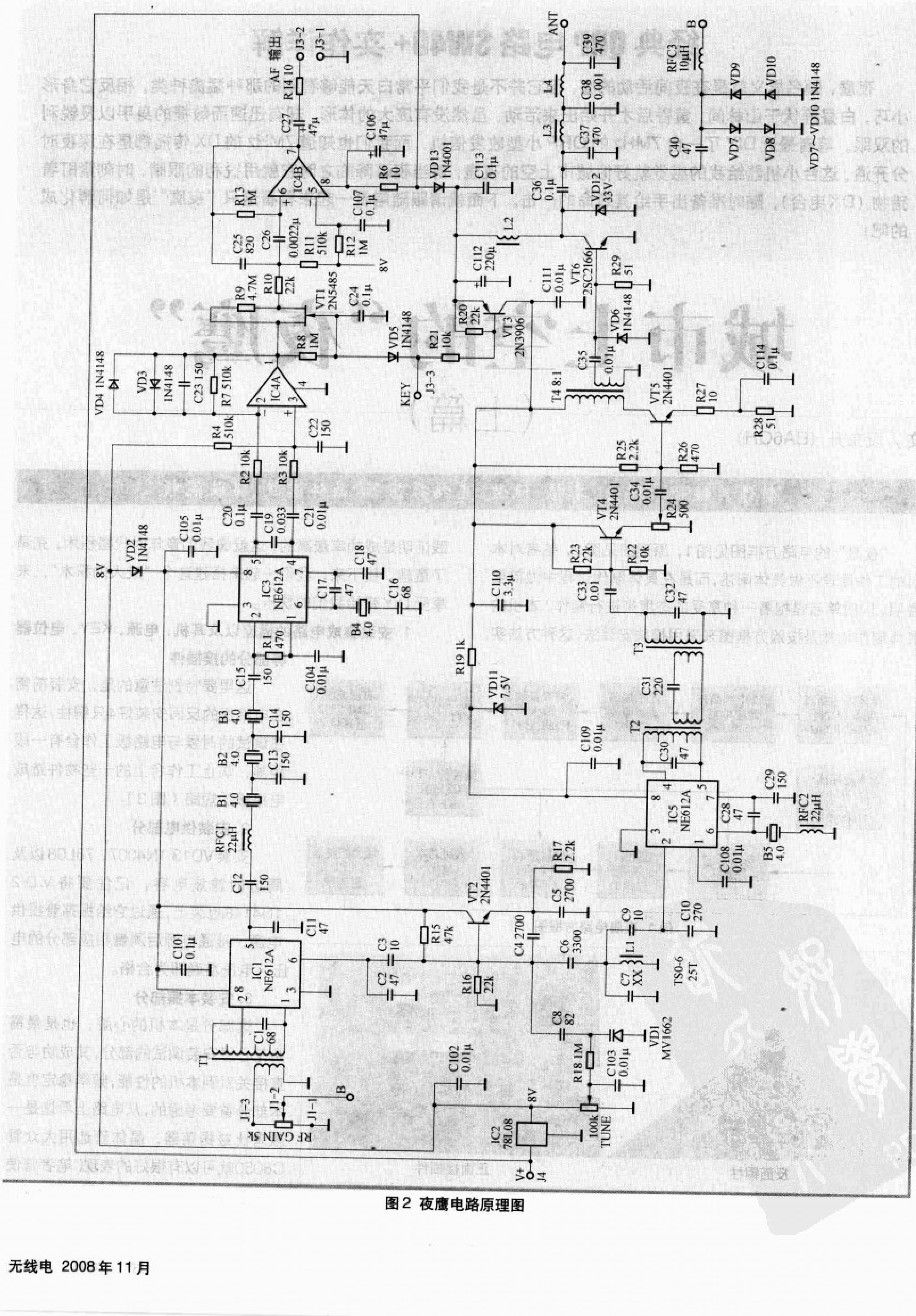

AF 输出
J3-2
J3-1
R14 10
C27 47μ
C106 47μ
IC4B
R6 10
VD13 1N4001
C113 0.1μ
R13 1M
C107 0.1μ
C25 820
C26 0.0022μ
R11 510k
R12 1M
8V
R9 4.7M
R10 22k
VT1 2N5485
C24 0.1μ
VD4 1N4148
VD3 1N4148
C23 150
R7 510k
R8 1M
IC4A
VD5 1N4148
KEY
J3-3
R21 10k
R20 22k
VT3 2N3906
C112 220μ
L2
C111 0.01μ
VT6 2SC2166
R29 51
VD6 1N4148
C35 0.01μ
T4 8:1
VT5 2N4401
R27 10
C114 0.1μ
R28 51
ANT
C39 470
L4
C38 0.001
L3
C37 470
C36 0.1μ
VD12 33V
B
RFC3 10μH
VD9
VD10
VD7
VD8
C40 47
VD7~VD10 1N4148
R4 510k
C22 150
R2 10k
R3 10k
C20 0.1μ
C19 0.033
C21 0.01μ
C105 0.01μ
VD2 1N4148
IC3 NE612A
C18 47
C17 47
C16 68
B4 4.0
R1 470
C104 0.01μ
C15 150
B3 4.0
C14 150
B2 4.0
C13 150
B1 4.0
RFC1 22μH
C12 150
C11 47
C101 0.1μ
IC1 NE612A
C1 68
T1
J1-3
J1-2
J1-1
RF GAIN 5k
R25 2.2k
R26 470
VT4 2N4401
C34 0.01μ
R24 500
R23 22k
R22 10k
C110 3.3μ
C33 0.01
C32 47
T3
R19 1k
VD11 7.5V
C31 220
T2
C109 0.01μ
C30 47
IC5 NE612A
C29 150
C28 47
RFC2 22μH
B5 4.0
C108 0.01μ
R17 2.2k
VT2 2N4401
C5 2700
C4 2700
C9 10
C10 270
R15 47k
C3 10
C2 47
C6 3300
L1
C7 XX
TS0-6 25T
R16 22k
C8 82
VD1 MV1662
R18 1M
C103 0.01μ
C102 0.01μ
8V
IC2 78L08
100k TUNE
V+
J4

图2 夜鹰电路原理图

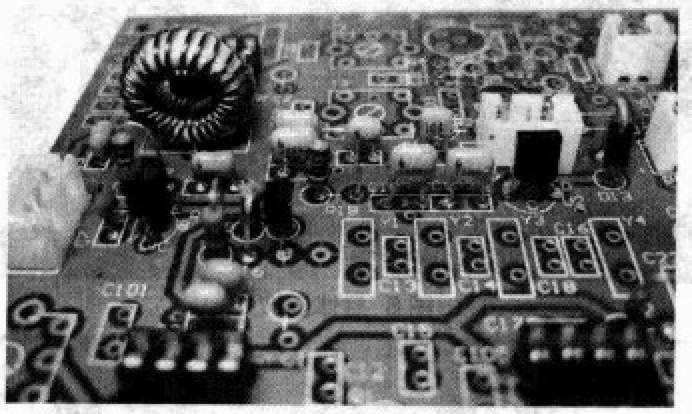


图4 本振部分

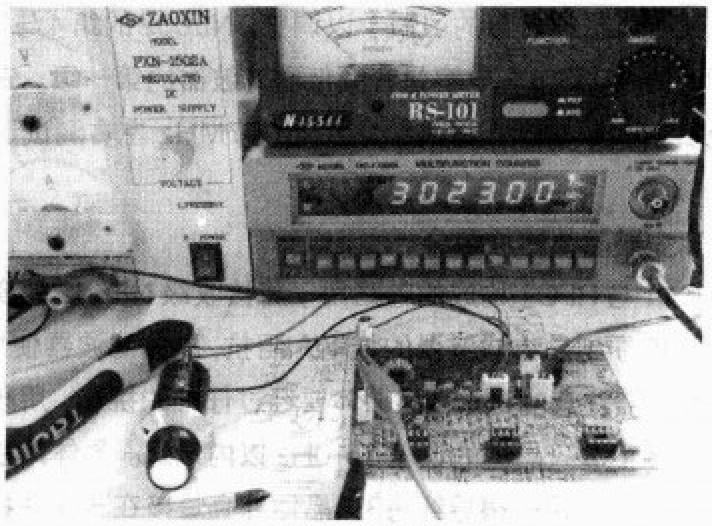


图5 本振测试

主要表现在通电一段时间后，振荡频率发生了一个突变，估计是极间电容发生变化所致）。L1用ϕ 0.51的漆包线在T-50-6磁环上绕27圈制成，C4、C5、C6选用2200pF的NP0独石电容，调节频率的电位器选用10kΩ多圈精密电位器，R18用10kΩ，变容二极管选用MV149，改变C8容量的大小可以改变频率覆盖范围，容量越大范围越宽，但也不宜过大，否则变容二极管的热稳定性将会成为影响本振频率稳定度的最大因素，这里使用82pF的NP0电容差不多有50kHz的调节范围，完全满足覆盖CW频率范围的要求，安装完成后，接通电源，接上频率计，半小时后，频率变化在100Hz以内即为合格。刚做好时振荡频率不一定就在设计的范围内，这时可在C7处换用不同容量的电容，调节TUNE，使最低振荡频率在3.000MHz即可。

4.安装低放部分

本机低放部分很有特色，选用了一个以前音响发烧友热门推崇的双运放NE5532，前置放大是一个差分放大器，切除1.5kHz以上的音频响应，二极管VD3与VD4用于抑制发射时的信号摆幅，以免造成后续FET开关电路的不正常工作。后级是一个中心频点在800Hz的有源滤波放大器，二级放大一共提供了大约64dB的增益。由于音频级的高增益，这里省去了中放电路，但是依然有良好的接收灵敏度。音频输出只能接耳机，不能驱动扬声器。音频输出的短路保护电阻也提供了对耳朵的听力保护（从这个意义上说，这个电阻提供了AGC电路的类似功能）。在二级放大器之间插入一个场效应管，在这里它起到一个开关作用，在按下电键时，它关断了到末级放大器去的信号，这电路虽然简单却很有效，在很多简易的QRP电路里都可以看到这种应用（2008年第3期《无线电》上介绍的蛙鸣就是一个例子）。首先安装末级放大部分周边的阻容元件，不要忘记接在8脚供电端上的R6,完成后接上电源插上耳机，用镊子点触一下第6脚，此时在耳机里听到咔嗒声就表明通过测试。开关部分选用国内常见的K30A场效应管，在安装完成后，为您耳朵着想，请在通电测试之前取下耳机，因为此时它是一个振荡器，通电后耳机里将发出牛鸣之声，此时短路KEY插座两端，耳机里将静寂一片，则测试通过。下一步安装前置放大器及其周边元件，完成后通电，用镊子碰触第2脚，耳机里的咔嗒声的音量将更大，至此，低放部分的制作顺利通过（图6）。

5.安装BFO部分

在这里，NE602把4MHz中频变换到音频，同时又提供大概13dB的增益。如果差拍振荡器（BFO）晶体B4与中频频率匹配良好，无需BFO频率微调即可产生合适的音频频率。当然也可以将C16改为60pF的微调电容，这样侧音

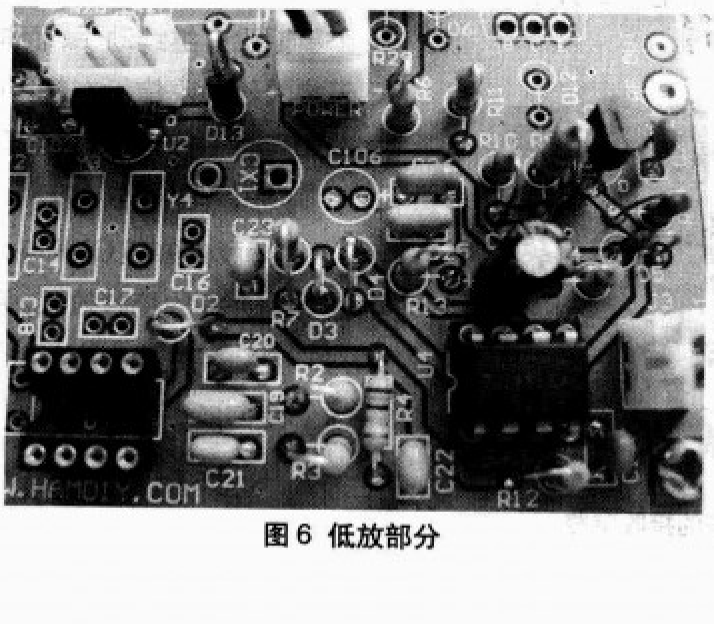


图6 低放部分

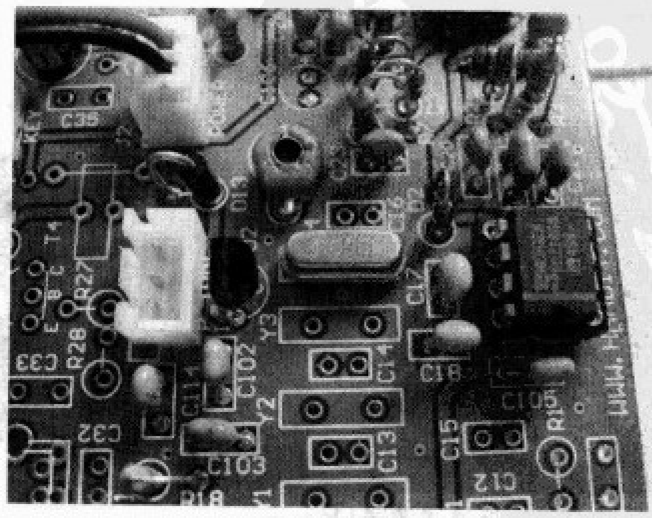


图7 BFO部分

音调就可以根据各自的习惯予以调整，NE602的第4与第5引脚间的0.033μF电容是音频低通滤波器的第一级。安装完成后接入频率计，振荡频率在4.007MHz左右测试通过（图7）。

6.安装晶体滤波部分

C11与RFC1构成的电路用于将接收级NE602的高输出阻抗匹配到晶体滤波器的低输入阻抗，晶体滤波器使用3只晶体。需注意的是这3只晶体要经过仔细的挑选，用频率计挑选出的3只晶体的误差在10Hz以内最好。晶体焊接上去后不要忘记用一根导线将3只晶体外壳焊接在一起并接入地，由于中频频率低，3个晶体组成的滤波器（图8）就能有不错的性能。改变C13、C14的容量可以获得不同的带宽，容量越小带宽越宽，反之容量越大带宽越窄，这里使用150pF的电容可以使-6dB通带为500Hz左右，如果晶体性能良好，插入损耗将小于2dB。滤波器输出的负载是接于BFO部分输入的470Ω电阻。这部分制作完成后，可以将振荡器的小板子插上4MHz晶体，把输出端接一根长线靠近滤波器的输入端，此时在耳机里会传来悦耳的单音，根据各人习惯调节BFO部分的C16，使音调听着最舒服，下面将进入到接收部分的最后一个环节。

7.接收混频部分安装

这部分制作较为简单，元件也不多，焊接无误一次就可以通过，输入部分的选频回路使用一只DIY-7的中周（图9）。

当然在这里输入部分的中周我们可以用一只美式磁环来代替，以便有更高的Q值，获得更尖锐的选择性，输入部分的改装可以见图10。

我们可以用前面介绍的一些计算公式来计算相关元器件的取用数值，在这里我们取电容值大约为250pF，电感计算得2μH，可以选用T-37-2（红色）磁环，根据公式计算出需要绕制次级线圈22圈。知道了次级圈数后，根据公式计算出初级所需绕制的圈数为4。这样在T-37-2上，用φ0.5的漆包线初级绕4圈，次级绕22圈即可，次级上的谐振电容取220pF与1只60pF的可变电容并联，方便进行调整。

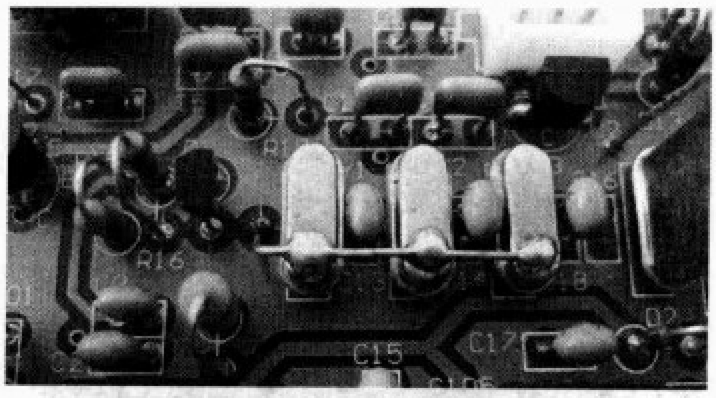


图8 晶体滤波

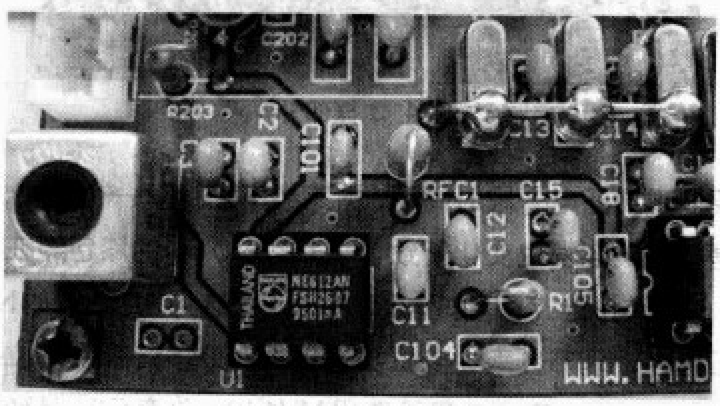


图9 接收混频部分

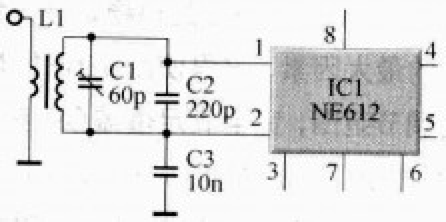


图10

在天线至接收部分的输入端共用了一个5元件的切比雪夫低通滤波器，这里的2只磁环选用的是T-37-2，每只用φ0.51的漆包线绕16圈（图11）。接到输入端的C40和RFC3构成串联谐振，提供了收发切换功能。二极管VD7~VD10可在机器处于发射状态时钳制接收前端的输入高频电压。这部分安装好了之后，整机的接收部分全部完成（图12）。

接下来笔者以接受一次考试的心态，小心地接上天线，接通电源，旋转频率调谐电位器，当从耳机里传来了清晰可辨的滴滴答答的电码声时，内心充满了极大的满足感。用无感螺丝刀仔细调整输入线圈使收到的信号最大，噪声最小，到了深夜时分收听欧洲业余电台的信号清澈见底，背景噪声极低，笔者惊异于它居然有如此好的表现，以至于有整整一个星期没有继续动手，而是天天将其作为收信机在使用（此时如果将C13、C14的容量减小则可以收听到SSB的QSO），我们知道QRP电台如果有一个好的接收效果，那么对于DX的实际通联将会有极大的帮助。

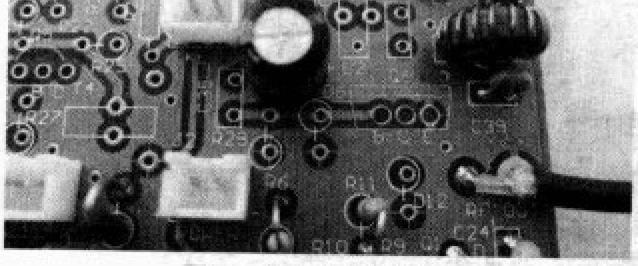


图11 低通滤波器LPF

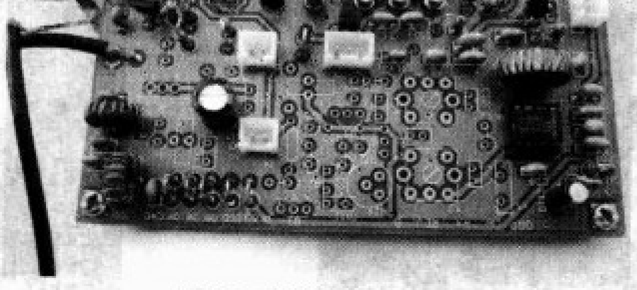
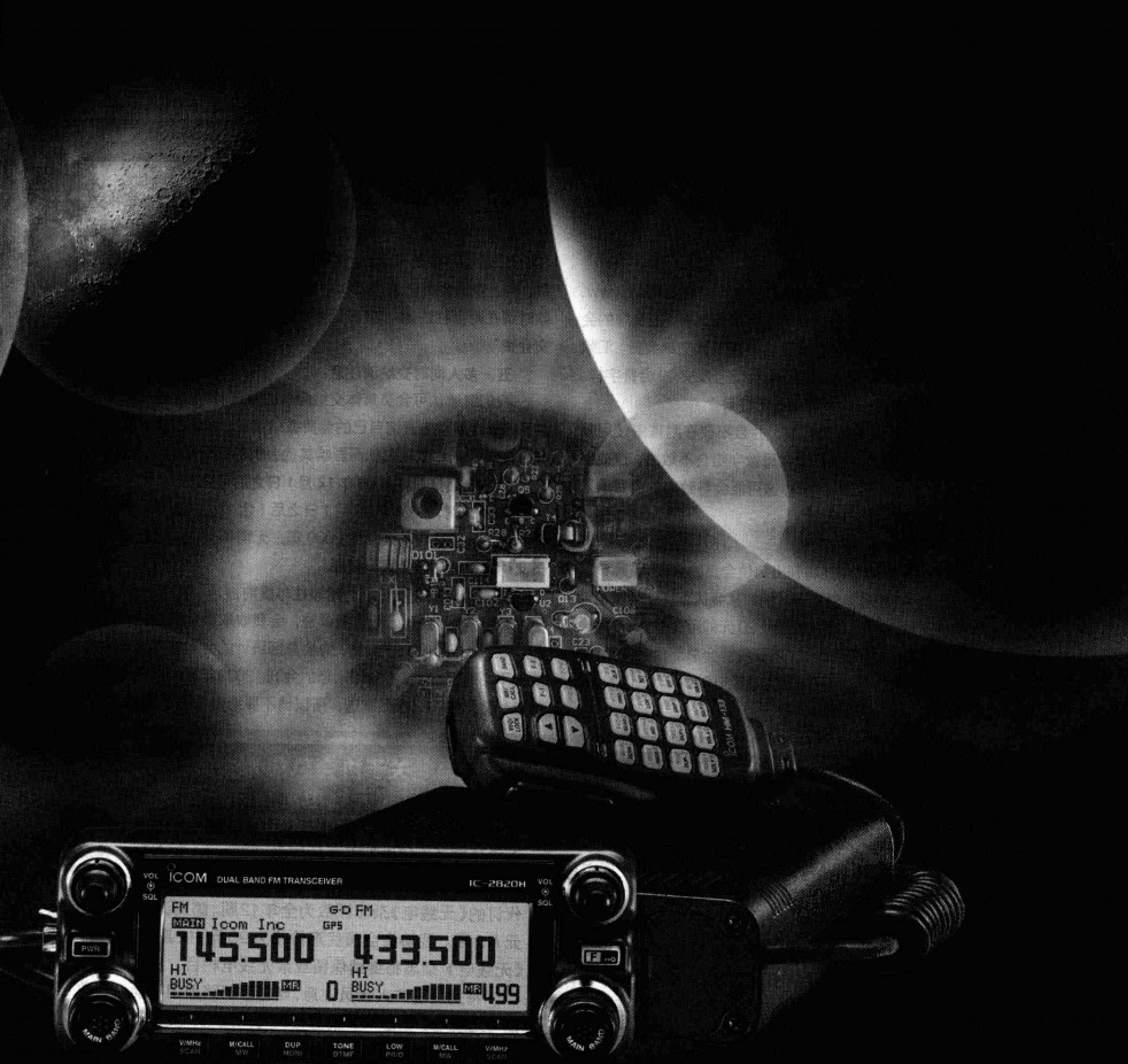


图12 完整的接收电路

业余无线电家

中 国 无 线 电 运 动 协 会



北京 6106 信箱　邮政编码：100061　E-mail: crsa@public.bta.net.cn　Tel: 010-67051200　Fax: 010-67050899　协会网站: www.crsa.org.cn

2008 年第 4 期
总第 57 期

关于收取 2009 年度会费的通知

2008 年末已近，协会总部在此提醒广大会员及时交纳会费。2009 年度会费标准为 50 元，自 2008 年 11 月 1 日至 2008 年 12 月 31 日之间缴纳。会员缴纳会费后，会籍纪录和《业余电台操作证》的有效期将都得到更新，并可以免费收到邮寄会刊。

我会在江苏、上海两地会员的会费，分别委托上海市无线电运动协会、江苏省无线电运动协会代收，请以上两地会员就近将会费交至当地协会。其他省、自治区、直辖市的会员交纳会费请汇款至“北京市 6106 信箱 中国无线电运动协会收 邮编：100061”，并在附言中注明“09 会费”和会员证号，例如“09 会费 0877”。为避免邮局录入失误，请不要在附言中使用呼号交纳会费。附言中未标注会员证号，且通过姓名等方式无法认定会员身份的汇款单，将做逾期自动退款处理。

截至 2009 年 12 月 31 日仍未缴纳会费的会员，按照民政部相关规定视为自动退会，将取消会员资格，会员证和《业余电台操作证》同时作废。

2005 年协会总部授予终身会员资格的老业余家免交会费。

关于 2009 年度会费汇款的注意事项

亲爱的会员朋友：

为方便您会费汇款，现将汇款时须注意的事项和往年大家提出的问题统一向您进行说明：

一、查明记录再交会费：

交纳会费前，请您先登录中国无线电运动协会网站 www.crsa.org.cn,在“会员服务”栏目中下载会费查询表，查询您的会费记录，如记录为 2008，即可按照正常方法汇款交纳会费。汇款时请采用普通邮政汇款，附言注明：会员证号及交 09 会费字样。

二、采用普通汇款，附言填写会员证号：

不要采用即时到帐的快速汇款，并且不要在附言中使用呼号。经验证明，邮局个别营业员对字母数字组合不敏感，造成出错率高于由数字组成的会员证号码，这可能会导致您的会费录入延误、退单或其他错误。

三、以往预存余额争取用完：

协会网站会费查询表中还将刊出每位会员的余款金额，请您根据余款金额，补齐相应差额即可。例如某会员查询到会费记录为 2008，尚有余款 30 元，则只需汇款 20 元即可交齐 2009 年会费。请广大会员朋友尽量用完余款，不要在协会总部预存金额。如果您查询后对余款或会费记录有疑义，请致电 010-67051200，或者电邮至 crsa@chinaham.com 询问。

四、补交会费并不难：

如果您多年来因各种事由没有交纳会费，那么 2009 年补交会费的原则是：欠交一年则补交 50 元，两年或者两年以上补交 100元，最多不多于 100元。例如某会员 2005 年最后一次交纳会费，网上查询会费记录为 2005，则应补交的会费共计 100元。汇款时请在附言栏注明 “会员证号码及补交会费”。例如“877 补交会费”。

五、多人同时交纳请注意：

我们继续认可会员集体交纳会费的做法。但是提醒广大会员注意，一定要事先查询自己的会费缴纳情况，以免因本人往年欠交，造成整张汇款单欠款而影响其他会员的会费交纳被延误。

六、会员证日期在 08 年 12 月 1 日之后可免交：

依照惯例，2008 年 12 月 1 日之后（含 12 月 1 日）取得会员证的会员，会费自动延续到 2009 年，无需再交纳。因此请新会员交纳会费时注意会员证日期。

七、今年交会费日期为啥较往年提前：

2009 年因会刊出版时间调整，会费收取截止日期也相应提前。一旦如果您晚交了会费，协会总部统计的会刊邮寄名单中可能就不会有您，也将不会印刷您的会刊。2009 年第一期会刊中仍将有有奖问答和纪念品赠送，所以请不要给自己留下遗憾。

关于 2009 年协会会刊的说明

经过 2007 年底到 2008 年协会与《无线电》杂志的良好合作，在 2008 年会刊的宣传下，我国的业余无线电活动在社会影响力、知识与信息普及范围和协会会刊服务水平等方面都有了一定的提升。为了进一步巩固和扩大会刊宣传效果，继续提升业余无线电活动在社会中的影响力，将会员刊物办好、办活，让会刊成为广大业余无线电爱好者喜闻乐见的读物，经协商，2009 年中国无线电运动协会总部将继续和人民邮电出版社密切合作，将《无线电》杂志的全新姊妹刊——《现代通信》杂志作为协会会刊提供给会员，会员将继续免费得到。《现代通信》杂志为双月刊，每年 6 期，逢双月出版。

关于协会总部为会员代订《无线电》杂志的说明

2009 年，中国无线电运动协会总部仍将提供为广大会员代订《无线电》杂志的服务。因 2009 年会刊单独发行及《无线电》杂志涨价因素，故 2009 年通过协会总部代订的《无线电》杂志期数为全年 12期。邮局订阅价：120 元 /12 期。我协会会员优惠价格为 90 元 /12 期。2009 年《无线电》杂志将继续保留业余无线电栏目。

特别提醒广大会员注意，当您因邮路原因不能及时收到《无线电》杂志时，请直接向《无线电》发行部申请补领联系方式：Email：ygb@radio.com.cn，电话：010-67134361。

【历史一页】

纪念BY1PK开台五十周年
——忆我国业余无线电的50年

○ 文／童效勇（BA1AA）

2008年11月3日对中国HAM来说，是一个值得纪念的日子。

50年前的这一天，即1958年11月3日，业余电台BY1PK向空中发出电波，填补了当时业余频段中没有中国电台的空白，也标志着中华人民共和国向开禁业余无线电台活动迈出了第一步。尽管这一步迈得很小，而且还有点蹒跚，但终究是迈了出去！因而也成为中国业余无线电历史进程中具有重大历史意义的一步而被载入史册。

笔者作为BY1PK曾经的台长，有幸亲自经历了这段历史，半个世纪后的今天回忆起来还恍如昨日，历历在目！

1952年，“中央国防体育俱乐部”在北京成立，负责在群众中开展航空、航海、射击、摩托、无线电等国防体育项目，群众性的无线电活动在祖国大陆得以开展，为业余无线电活动的复苏提供了契机，也为后来开放业余电台打下了基础。

1954年11月，“中央国防体育俱乐部”，应邀派出观察代表前往前苏联列宁格勒，参观“第一届国际无线电快速收发报友谊赛”。参赛各国均向我国代表表达了他们对我国业余无线电活动的关注，前民主德国代表团还专门赠送了15套收发信机，希望我国尽快建立起业余电台。由于当时国家对电台实行“少设严管”的方针，对很多无线电器材也采取管制的措施，这些器材自然不可能作为业余电台被开放，直到1958年才出现转机。

在中国北京举办的“1958年国际无线电快速收发报友谊竞赛”直接催生了BY1PK。这次比赛的起源是：根据1954年我国前往列宁格勒的观察代表回国后提出的建议，在全国范围选拔、集训了一批优秀的报务人员，最后选出代表参加了1956年在前捷克斯洛伐克举行的“第二届国际无线电快速收发报友谊赛”。由于中国队首次参赛即取得冠军的优异成绩，各国一致要求下一届即1958年第三届国际无线电快速收发报友谊竞赛在中国举办。经国务院批准，比赛如期于1958年11月在北京举行，参加这次竞赛的有前苏联、波兰、朝鲜、蒙古、保加利亚、前民主德国和中国，共7个国家，欧洲代表队的领队、教练以及选手大多拥有个人业余电台。

1958年11月1日，在竞赛开始前的第一次组织委员会上，保加利亚代表团团长依别依托夫提议，由中国设立一个业余电台，供参赛各国运动员与本国爱好者们联系，以通报这次比赛的情况。组委会采纳了这一提议，并决定由组委会委员兼总裁判长、中国人民解放军通信兵部主任王诤负责此项工作。王诤主任当即和原邮电部范式人副部长协商，决定从原邮电部设在郊区的发信台调用一部1000W发信机，从中国人民解放军通信兵部调拨3台7512-C型收信机，供业余电台使用，王诤主任还亲自命名业余电台的呼号为BY1PK，寓意为“中华人民共和国第一个业余电台在北京”。为方便各代表队的操作，电台工作室设在北京体育馆的北大厅三楼，与竞赛场地同在一个地点。3台收信机安放在工作室内，发信机至工作室之间利用市内电话的地下电缆进行遥控。在各方面的大力支持和努力之下，电台架设工作极为顺利，11月3日即架设完毕。当晚21时14分，BY1PK的信号发向太空，结束了祖国大陆自1949年以来没有业余无线电台发信的历史。

图1 设置在竞赛场地的BY1PK业余电台
（左一为汪勋右一为外国选手在操作）

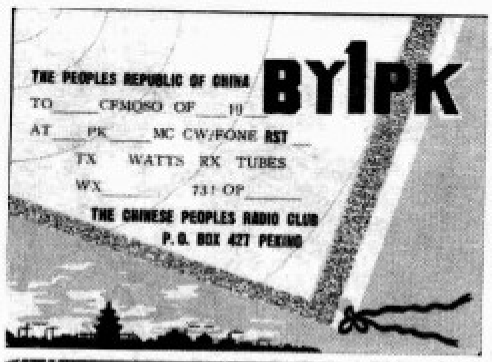
当时规定BY1PK的联络范围只限于参加竞赛各国和前捷克斯洛伐克的业余电台。竞赛期间，各国运动员、教练员上机操作的兴趣非常高，曾先后与前苏联、保加利亚、波兰等国家的数百个业余电台进行了联络，收到QSL卡片200多张，其中以前苏联电台最多。BY1PK在1958年国际无线电快速收发报友谊赛期间使用的QSL卡片，因无法赶在竞赛结束之前印制完成，所以利用明信片临时制作替代。图2是1958年11月8日BY1PK和前苏联UA3CH联络后双方交换的卡片。

1958年11月10日，北京国际快速收发报友谊竞赛结束，由于当时我国对使用、管理业余电台还缺乏经验，BY1PK也于竞赛结束之际撤收。为熟悉和全面了解业余电台的知识和经验，国家体委陆上运动司张文华副司长牵头成立了由汪勋、童效勇、常国良、田绪伦4人组成的“业余电台研究小组”，任务

图2 BY1PK和UA3CH互相交换的QSL卡片

是学习和研究有关业余电台的业务技术、制定业余电台管理规则、筹建可以长期工作的BY1PK业余电台。研究小组人员除四处收集、翻阅国内外资料外，还在体委陆上运动司无线电处办公室里架设了两部“7512-C型”收信机，收听国外业余电台的通信联络，同时着手制定有关的规章制度和“业余电台管理规则”。

1959年1月，国家体委正式致函邮电部，拟恢复BY1PK的对外发信。由于当时国家的无线电管理法规中尚无“业余电台”的条款，原邮电部以国家体委为探索业余电台活动经验而设的专用电台之名，于1958年5月6日批准同意BY1PK恢复发信。BY1PK台址设在位于天坛公园回音壁东侧的中国人民无线电俱乐部内，设备为E321型150W发信机1台，7512-C型收信机2台，联络范围限于当时的社会主义国家，并规定只准使用CW方式进行联络。BY1PK租用了北京427信箱作为交换QSL卡片的专用邮箱，设计、印刷了一套5张以天坛为背景的QSL卡片，在卡片印制完成前，先用北京风景明信片加盖BY1PK呼号图章暂代。1959年5月7日恰逢前苏联的无线电节，BY1PK选择这一天对外呼叫，恢复了因国际竞赛结束而暂时关闭的BY1PK的发信。



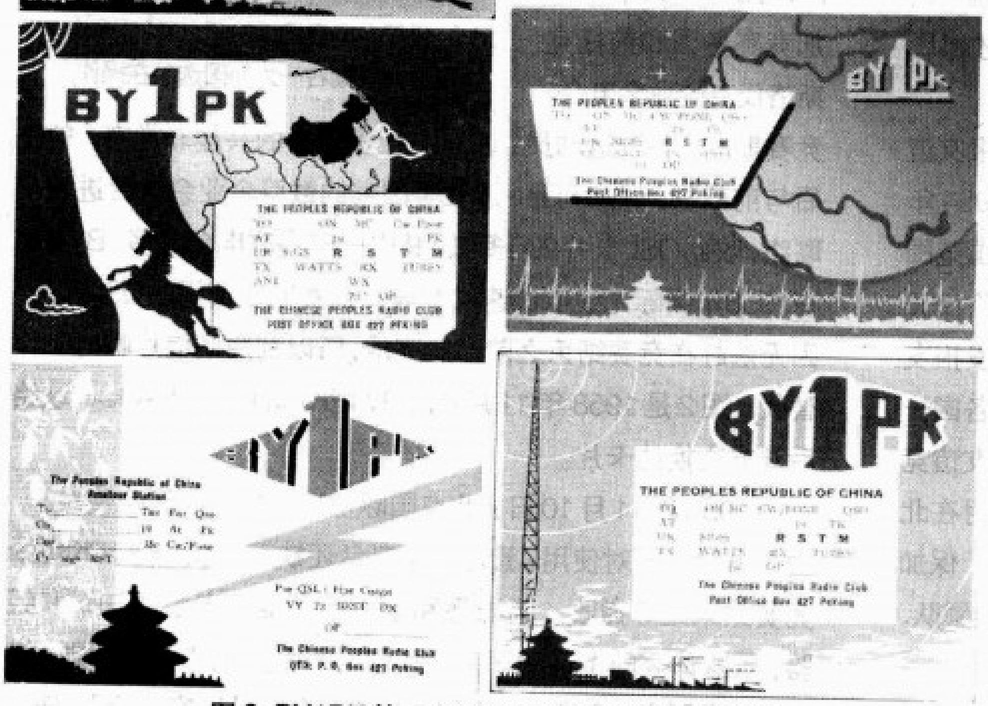


图3 BY1PK第一套正规印刷的5张QSL卡片

BY1PK恢复发信后，为摸索地方业余电台的设置和管理经验、培养省市业余电台活动的骨干力量，1962年12月国家体委报请原邮电部批准，在北京、陕西、四川、吉林、湖南五省/市体委无线电俱乐部各建业余电台一座。为了建立这些省市业余电台，国家体委下达通知，于1963年5月由中国人民无线电俱乐部负责在北京举办一期业余电台培训班，BY1PK具体实施对来自吉林省体委、陕西省体委、四川省体委、北京市体委和湖南省体委派出的人员进行培训，为上述五地业余电台顺利开台奠定了基础。

1963年7月1日是规定各省市电台开始发信的日期，位于长春的吉林省体委业余电台BY2JL、西安的陕西省体委业余电台BY9SX按时On air，7月22日设在成都的四川省体委业余电台BY8SC的信号也进入空中，北京市体委业余电台BY3BJ开台的日期是10月15日，位于长沙的湖南省体委业余电台BY6HN直到1966年1月3日才开始发信。这些电台是我国第一批省、市级的集体业余电台，他们被规定的联络范围仅限于国内各业余电台之间，操作方式为CW，使用频率为7MHz和14MHz，由BY1PK负责定时组成全国业余电台通信网络，平时各台也可互相进行联络。

20世纪五、六十年代BY信号进入太空后，着实让国外众多的DXer们兴奋不已，很多国家的电台，长时间逗留在BY1PK的工作频率上，“围追、堵截”，呼叫和应答，热切希望能和这个珍稀电台联络，可是千呼万唤后却怎么都得不到回答，但那时BY1PK的操作人员却爱莫能助，只能应答有限范围的几个国家的电台！于是频率上就出现了这样的情况：开始时大家对中国电台在业余频段上出现多是颂扬之声，但不久爱好者们就发现中国人是在有选择地进行联络，接着对BY1PK的微词开始出现，进而发展到在我们的操作频率上拍发“Poor BY1PK”等。更有的爱好者为了能和BY1PK联络，不惜改变前缀，例如大家熟悉的著名日本火腿，也是笔者后来的好朋友JA1BK，就曾冒用蒙古电台JT1BK呼叫BY1PK，等双方沟通即将完成一个基本的QSO程序快说再见时才将呼号更正过来。

1966年，由于历史原因，刚起步不久的业余无线电台活动被迫暂停。十一届三中全会之后，随着改革开放政策的不断深入，中国的业余无线电事业迎来了春天。1982年BY1PK重新恢复发信，开始了中国集体业余电台发展的鼎盛时期，10年后的1992年又恢复开放个人业余电台，从而揭开了我国业余无线电历史进程中的全新一页。

2008 黄山
业余无线电技术交流大会

○ 文／方明（BA6AA）

2008年9月29日至10月3日，由安徽省科学技术协会主办，上海市无线电运动协会、江苏省无线电运动协会、浙江省无线电运动协会、山东省无线电运动协会、福建省无线电定向运动协会协办，安徽省无线电技术协会承办的2008中国（华东）业余无线电技术交流大会在安徽省东黄山茶林场无线电活动基地成功举行。

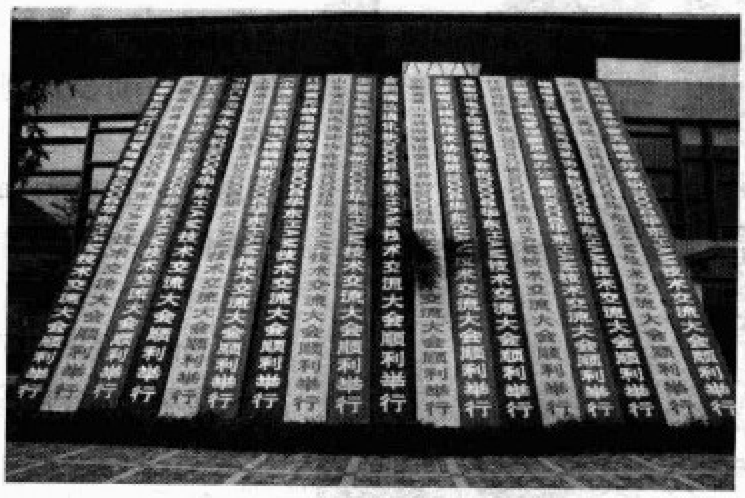
短短几天的时间里，来自北京、辽宁、天津、山东、上海、江苏、浙江、河南、湖南、广东、广西、四川、陕西、安徽等10余个省市的百余名业余无线电领域的领导、专家、学者、爱好者齐聚东黄山茶林场，交流心得，研讨技术，参观展览，参与实验。

大会期间举办了多场高水平的专场技术讲座：

来自澳大利亚无线电协会（Wireless Institude of Australia, WIA）的VK8ZMA Mike Alsop先生做了《Amatuer Radio in Australia》（业余无线电在澳洲）的专题报告。VK8ZMA Mike先生自1966年起活跃于空中，参与业余无线电已有42年。Mike先生在报告里介绍了澳大利亚的业余无线电发展史，还重点讨了互联网对业余无线电的影响、IRLP技术和EchoLink的应用等。

在接下来的系列主题报告活动中，中国无线电运动协会秘书长BA1HAM陈平老师做了《认准中国火腿的根和基》主题报告，回顾了国业余无线电的发展历程，总结了中国和国际业余无线电的发展形势，探讨了如何在继承传统活动的同时跟上时代的步伐和新火腿发展成长等问题；

参与我国首颗业余卫星技术设计的BA1DU做了《共同期待：中国的业余卫星》的讲座，在国内首次披露了这颗卫星的



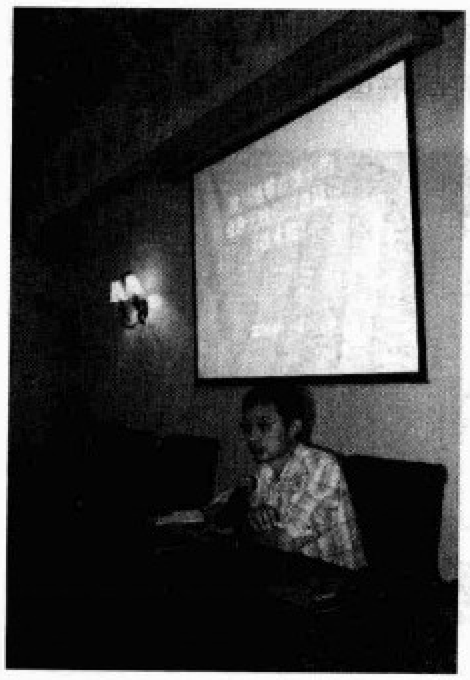
祝贺条幅

VK8ZMA 作报告

大会合影

BA1DU 作报告

BA4RX 做技术报告



BG8AAS 做主题报告

研制过程、结构组成、技术参数等内容。据介绍，目前中国的第一颗业余无线电卫星已经研发制作完毕，初步计划于2009年中发射升空。该讲座引起了强烈反响，代表们以热烈的掌声表达了对业余卫星工作团队的感谢和我国首颗业余卫星早日升空的殷切盼望；

我国首次ARISS活动（青少年和国际空间站宇航员对话活动）策划、负责人BA4RX做了《新的一页：ARISS来到中国》的主题报告，讲述了这次活动的台前幕后，提出了建立中国ARISS俱乐部的设想。2007年8月26日，南京三中集体业余电台BY4RRR的学生通过业余无线电台，向身处国际空间站的美国宇航员克莱顿·安德森提出了问题，中国学生首次与国际空间站实现"天地对话"。这次成功的通联被国内外各大媒体广为报道，同时也创造了业余无线电历史上参与和收听实况人数最多的记录；

BD5RV做了《EME——永远挑战人类》的技术讲座，介绍了业余无线电活动这座山峰上的明珠——EME月面反射通联活动的相关历史、基础理论、通联方式及实战技巧。2007年5月20日，江苏协会BY4RSA曾成功实现了我国历史上第一次23cm EME通联；

BA5AG做了《浙江省的业余电台应急通信组织》主题报告，展示了浙江省的业余电台参与应急通信工作的组织架构、管理机制和活动方式等内容；

来自上海的BD4AYO朱国庆先生做了《YO-712电台电脑连接器设计及使用心得》的技术讲座，他本人设计制造的YO-712电台电脑连接器除具有利用计算机发送SSTV、BPSK以及ECHOLINK的"联机"功能外，还具有支持FM模式下手键和电脑自动CW拍发和练习功能、支持HF段CW模式下电脑自动拍发功能。

应组委会的邀请，BG8AAS专程由四川成都来到安徽，做了《汶川地震救援中的业余无线电动员与组织》主题报告，系统地总结和探讨了在重大灾难来临时业余无线电的作用和动员与组织工作。讲座开始前，所有与会代表全体起立，用长时间热烈的掌声表达了对四川省和全国各地参与汶川地震抢险应急通信的业余无线电志愿者们表示崇高的敬意！5·12，这个让所有国人刻骨铭记的日子，8级大地震撼动着祖国的大地，数以千万的同胞陷入了前所未有的困境之中。作为应急通信后备生力军的业余无线电爱好者们在第一时间挺身而出，勇敢地承担起了应尽的责任。

除了报告和技术讲座之外，大会期间还进行了业余卫星现场通信实验、业余无线电摄影展、QSL卡片展览评比、无线电测向邀请赛等活动。

我们非常希望今后多举办这样的以技术内容为主的活动，进一步引导广大无线电技术专家学者、业余无线电爱好者、无线电科普工作者进行业余无线电技术研讨实验活动，推动业余无线电活动的普及与水平的提高。

业余无线电摄影展

无线电测向友谊赛

BY7PP 2008 EME 通信实验

利用月球表面反射电波进行地球两点之间的通信，这种无线电通信方式称为月面反射通信（Earth-Moon-Earth，地球－月球－地球通信），简称EME通信。EME通信主要的挑战在于需要运用各种技术措施来克服在地球－月球－地球传输路径上大自然带来的种种困难，因此，作为深空通信的第一步，一直以来都吸引很多业余无线电爱好者去尝试、研究和探索。

○ **文**／吴国光（BA7IA）

2008年1月23日晚上，我们在广东佛山B7P比赛基地进行了EME月面反射通信试验，试验采用“BY7PP”集体电台呼号进行。

早在试验计划开始策划之初，VR2KW就给予了大力的协助和支持，他对我们试验的实施方案，设备器材的准备、安装和调试等提出了很多宝贵的建议和意见，还帮助我们做了传播的预测和月球轨道计算等工作，并在试验的当天带着他自己使用的器材来到B7P比赛基地进行临场示范操作，积极地推动我们投入这项活动中。本文，笔者对这次EME通信相关情况进行一些介绍，如设备组织情况、通联效果等，希望对今后参与EME活动的爱好者有所帮助。

设备组织情况

6m波段：

天线系统：两副Create CL6DX 6单元八木天线阵，一左一右，垂直极化方式堆叠，相位线自制；

收发信机：IC-746PRO，最大功率100W；

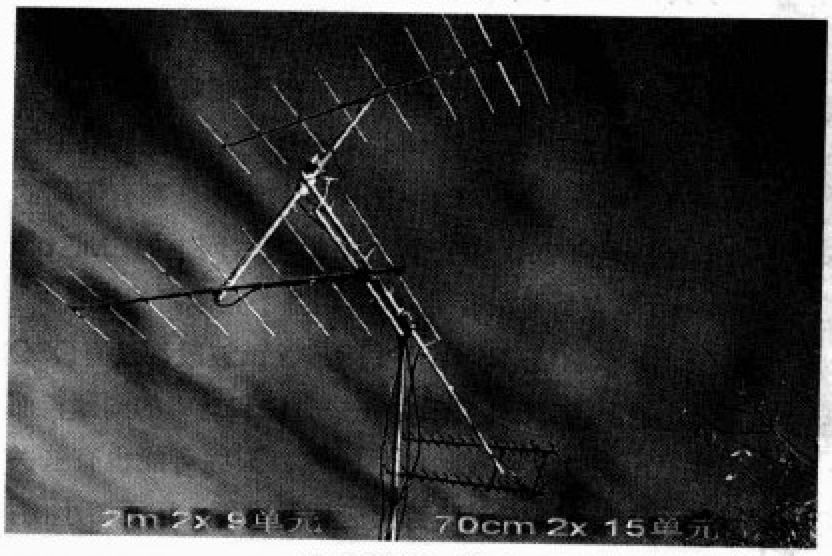
功率放大器：无；

前置放大器：无。

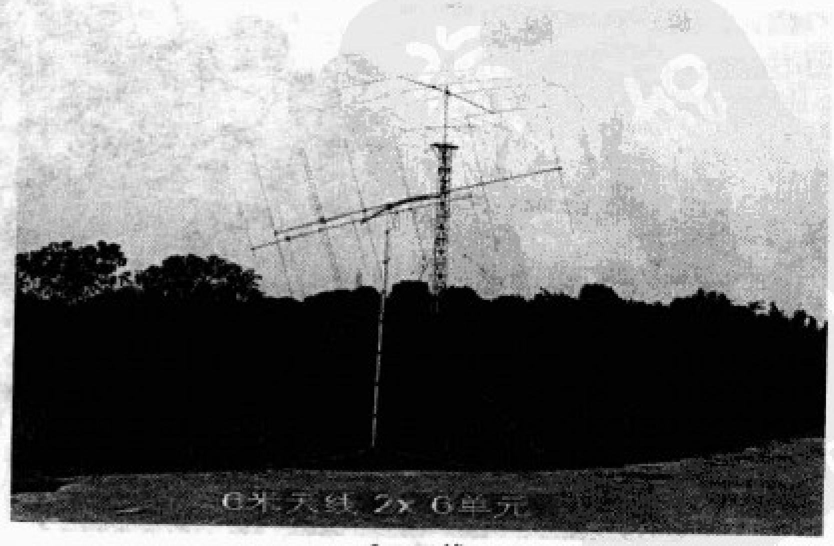
2m波段：

天线系统：两副Create 2x209 9单元双排八木天线阵，一上一下，水平极化方式堆叠；

收发信机：IC-746PRO，IC-910H作为备用；



VHF/UHF天线阵



6m天线

功率放大器：东京 HY-POWER 350VDX，因担心功放损坏，实际通联中，最大使用到 250W；

前置放大器：SSB-2000。

70cm 波段：

天线系统：国产的 15 单元两排八木天线阵，一上一下，水平极化方式堆叠；

收发信机：IC-910H，最大功率 75W；

功率放大器：无；

前置放大器：无。

试验时间从 1 月 23 号晚上 7 点（UTC 1100）月亮升起开始，一直到 1 月 24 号早上 8 点（UTC 0000）月亮完全落下结束，总共 13 小时。通信试验采用 WSJT 软件（EME 通信上的主流软件，WSJT 完全依赖电脑的高速运算，准确解读人耳完全听不到的数据信号），通联过程全部使用数字方式 JT65A（主要用在 50MHz 频段）和 JT65B（主要应用在 144MHz 和 430MHz 频段）。把收发信机的音频输入、输出和电脑的声卡音频输出、输入连接起来，就像平时我们玩 RTTV 或 SSTV 一样就可以了。难以致信的 WSJT 软件会在一片噪声中，解调出经过月球反射下来的信号。确实，经常听到的就是一片噪声。当然，某些大台过来的信号，或者在传播好的时候，也可以用耳朵听到一些嗡嗡的声音，有点像 SSTV，有时还可以听到信号结束时的 CW ID。WSJT 软件让 EME 通信的门槛大大降低，回想起来，笔者对以前使用 CW 甚至 SSB 方式进行 EME 通信的前辈们，真是佩服得如滔滔江水……

BY7PP 在试验过程中，在 2m 波段使用 JT65B 方式，成功进行了 42 个有效联络，在通联过程中，还收到很多电台呼叫我们，但可惜最后没有完成联络。在 6m 波段上，我们抄收到美国 W7GJ 的清晰信号，甚至可以用耳朵听见，但我们错过了最佳通信时间，加上发射功率不足，最后很遗憾,没有获得成功。我们还在 70cm 波段上尝试与 HB9Q 进行 EME 通联，但由于 2m 波段上呼叫我们的电台实在太多，考虑对于很多国外电台来说，BY 电台是他们的 NEW ONE，而 HB9Q 以前已经和 BY1QH 成功联络过，最后，只在 2m 波段传播不好的时候，和 HB9Q 试验了一下，最后也没有获得成功。

EME 通信试验中

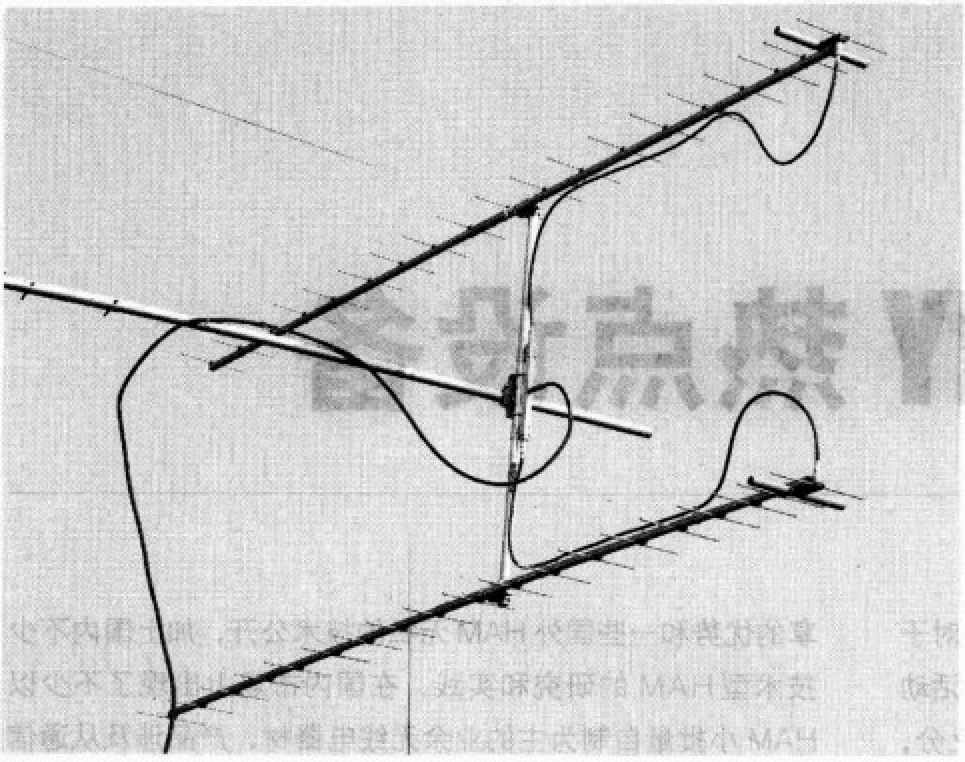
通过这次通信试验,我们取得了一些经验技巧，例如多普勒效应的问题，在 144MHz 频段上，这个问题能通过 WSJT 软件进行调整，可以忽略掉。但是在 430MHz 频段上，对方过来的信号有 400 ~ 600Hz 的偏移，就必须采用 Split 的方式，否则，WSJT 软件上是什么都看不到的。

这次试验 6m 波段的天线角度，要靠手动调整，还好，在约定的时间内，月球的轨迹变化不大，所以，按照固定的角度安装就可以了。但在通联过程中，我们还是手动调整了一次。当时天线的仰角 15° 左右，应 W7GJ 要求，我们把天线调整为指向地平线，希望能利用上“地面增益”。我们在整个过程中，抄收 W7GJ 的信号都很好，每次都能成功解码。虽然我们收到了 W7GJ 呼叫我们的信号，但是，我们只有 100W 的发射功率，没有办法让 W7GJ 听到我们。事后 W7GJ 说我们错过了月球最佳的通信时间，应该在晚上 7 点钟月球刚刚从地平线上跳出来的时候通联。

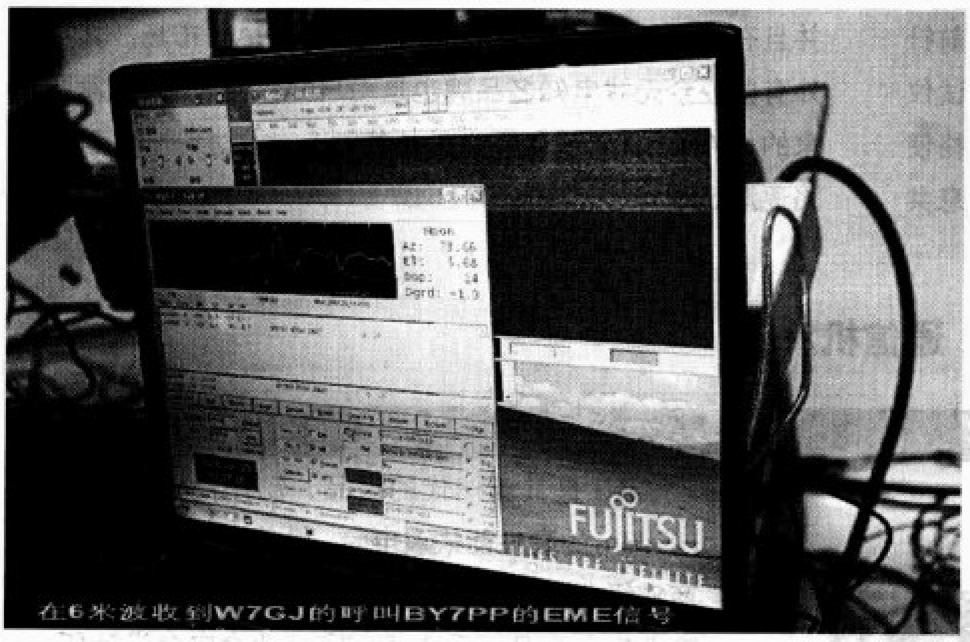
2m 波段和 70cm 波段共用一台 YAESU G5500 水平仰角旋转器，不过，其中一个马达端的接头找不到了，所以，在当天，只利用了仰角的旋转器部分。方位角要靠人手调整，我们大约半小时到 1 小时调整一次，也很方便，松开立杆的固定螺丝，用手拧一下立杆就可以了。旋转器显示的角度和实际角度还是有一些误差的，有时候还要看着月球目测校准一下。当天晚上大部分时间里月球给云挡住了，有时候靠看云层后面的亮度来估算一下。

不过我们发现，由于天线的指向角并不十分尖锐，因此角度大概对准就可以了，反而频率的选择很重要。由于我们的发射功率比较小，信号弱，事后有几个欧洲电台给我们发邮件，说原来我们在 144122kHz 操作的时候，收到了我们的信号，但不能解码，而我们 QSY（更改频率）到 144135kHz 之后，就能马上解码了。呵呵，我们 QSY 到不同的频率，都有不同的电台抱怨有 QRM（受到干扰）。互联网上的 EME hat room 差点为要求我们 QSY 到哪个频率打起来了。

分析总结这次 6m 波段和 70cm 波段都没有 QSO 成功的原因：6m 波段主要是时机和功率的问题；而 70cm 波段主要是时机的问题，天线可能也有些关系。另外，EME 试验那天云层非常厚，还下着小雨，这些都可能是对 EME 通信有很大的影响。



UHF 天线



6m 联络画面

BY7PP 在 1 月 23 日进行的月面反射通信试验，在国际 EME 通信界引起了一定的反响，虽然当天有 42 位各国的 EME 爱好者成功和 BY7PP 联络，但远远不能满足众多爱好者的要求，因为很多人从来都没有和中国的电台进行过EME 通信。不断有国外的爱好者发邮件，询问 BY7PP 下一次的 EME 通联时间。因次，我们决定在 2008 年 2 月 23、24 日两个晚上再次进行 EME 通信试验。

针对在 1 月 23 日试验中 6m 波段和 70cm 波段通联没有成功所分析的原因，在 2 月 22 日下午，大家首先对 B7P 原来的 70cm 波段八木天线阵列进行了更换，用 Create 720 2x20 单元的八木天线阵列，替换了原来的 2x13 单元八木天线阵列。

70cm 波段的八木天线与原来 2m 波段的八木天线共用一条立杆，均采用水平极化安装方式。整个天线阵还是通过 YAESU G5500 水平仰角旋转器驱动，可以实现方位角和仰角的转动，使天线阵列可以指向空中任意的位置。对于 EME 通信，由于月球的位置变化不会很快，所以即使用人手调整天线角度的方法，隔一段时间调整一下，也是完全可行的，但使用旋转器，可以更省力一些。

这次6m波段使用的是Create CL6DX天线八木天线，它有 6 个单元，前向增益 13.5dBi，前后比 20dB，该天线使用了折合振子，主要目的是提高天线的带宽，尽量覆盖 50～54MHz。天线安装在 B7P 电台室旁边的1号天线塔上，天线采用了水平安装方式，也就是在 EME 通信中低配置电台的常用安装方式。天线指向地平线月球升起方向，在月球升起或落下的窗口时间，利用八木天线的方向性特点，可以获得所谓的“地面增益”，使单副天线进行EME 通联取得最佳效果。

2 月 22 日当天，月球升起时间大约是 UTC 1130，试验一开始，我们就收到了W7GJ的信号，但由于我们的发射功率小，开始W7GJ没有收到我们，经过不断尝试，终于在UTC 1215左右，我们成功地与 W7GJ 完成了 JT65 方式的联络。

在试验中，70cm 波段使用的是 IC-910H 收发机，没有使用接收前置放大器。在 2 月 22 日 UTC 2200 左右，成功与 HB9Q 顺利完成了 JT65 方式的联络。为了确保通联，在 HB9Q 和欧洲电台的通联期间，我们还特意把 430MHz 波段用的馈线剪掉了近 8m 长度，用尽各种方法保证通联。

在活动过程中，我们还进行了 2m 波段的 EME 通信。由于我们这次选定周末时间，方便大家的工作和生活安排，但传播状况比上次 1 月 23 日的差很远。实际上，在 2 月份最佳 QSO 的时间是在 19 和 20 日。在两天的试验过程中，总共完成了约 15 个 2m 波段的 EME 通联。虽然与上一次在一天就完成了 40 多个 EME 通联相比，数量是有些折扣，但这次我们最大的收获，就是完成了 BY 电台首次 6m 波段和 70cm 波段 EME 通联，实现了零的突破。

感谢参与BY7PP 集体电台EME通信试验的HAM友们，他们是VR2KW、BG7KTA、BG7KTD、BG7IBV、BG7JSQ、BG7IBU、BD7KSF、BD7JLR、BA7IA、BG7IBS、BH7MMC、BD7IXG、BA7IN、BA7NQ、BG7MFB、BG7PMS、BH7JPX、VR2YTK、BL7IC 等。

实践证明，如果一些 EME 通信的 QRP 电台，在掌握好时机的情况下，是完全可以和一些 EME 通信大台通联上的。

盘点 2008 HAM DIY 热点设备

○ 文／杨法（BD4AAF）

业余无线电活动的目标不一定是建立远距离通联，对于通信设备以及相关测试仪器的制作和改造是业余无线电活动的另一大热点。在HAM中有通信联络派和技术焊机派之分，如果说得到众多通联奖状的通联派HAM是台前英雄的话，那么沉迷于电子科技的技术派HAM则是幕后英雄。目前针对个人业余无线电市场的设备不多，尤其是一些专业测试仪器，国际大品牌的测量仪器虽然性能优良，但高昂的价格使得业余无线电爱好者只能敬而远之。凭借国际互联网信息共享的优势和一些国外HAM无私的技术公开，加上国内不少技术型HAM的研究和实践，在国内市场上出现了不少以HAM小批量自制为主的业余无线电器材，产品涉及从通信电台到测试仪器，为广大HAM提供了廉价而又实用的产品，并且有些制作优秀的产品还出口到国外HAM市场。其实国外有些业余无线电知名品牌也是由HAM小作坊逐渐发展起来的。HAM DIY的设备不少是从仿制——改进——创新这条路逐渐走来。

通信机篇

Elecraft K2/K3

Elecraft品牌是1998年由美国N6KR、WA6HHQ两位HAM所创立，其团队成名之作K2在国外HAM界有很好的口碑。K2提供全套散件和详细说明，供焊机派HAM自己DIY，这样用户可以从制作过程中享受到自己动手的快乐并且学习更多的无线电知识，同时制作出来机器的性能完全可以与1000美元级别中高档商品级短波电台媲美。由于是HAM设计的机器，所有功能更贴近HAM的需要，少了花哨而不常用的功能，实实在在把基本收发性能放在首位，具体配置也可以根据用户需要作出调整。

K3是其新一代的产品，制作目标是一部HF+6m的高性能短波电台，性能上可以与高档商业级业余电台叫板。K3设计上更贴近现代化商业电台产品，融入目前高档业余电台设计所普遍采用的高品质滤波电路、高动态接收电路、32位IF DSP，总体档次不低于FT-2000、IC-756 pro III水平。100W输出功率的K3基础型配置价格不到2000美元，并可以升级自动天调、数据接口、窄带滤波器、TCXO等项目。由于现代化高阶设计使用到的元器件数量、新型元件焊接难度、调试要求都比K2有很大的提升，在纯业余条件下仅凭电烙铁和万用表很难顺利组装，考虑大多数HAM的实际情况，K3提供工厂装配型、标准组件型、无需焊接组件多种类型套件。让广大HAM既能按照自己的水平过把动手瘾，又能保证K3的高组装成功率和总体性能，同时全散件的K2继续供应。

官方网址：www.elecraft.com。

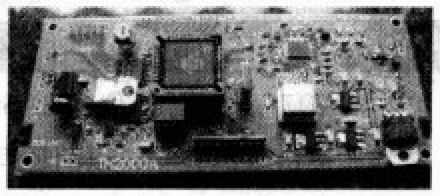
KN-Q8 & KP-Q8 两波段 SSB/CW 收发信机及放大器套件

KN-Q8 是由 BA6BF 设计的一款两波段(7.0 ~ 7.3MHz，14.0 ~ 14.5MHz)SSB/CW 收发信机套件，发射功率 5W，覆盖国内 HAM 最常用的两个短波通信波段。KN-Q8 设计比较先进，采用DDS和单片机控制以及液晶显示，整机非常小巧，适合作为QRP设备和学生的入门实用机型，除了全散件外还可提供装调套件和装调成品。之前，BA6BF也推出过多款收发信机套件并受到广泛好评，Q8 是其最新版本作品。

KP-Q8是与KN-Q8配套的功率放大器，可以将输出功率提升到20W，同时具备20dB的接收放大功能，扩展了KN-Q8 的应用范围。

购买及咨询网址：shop36305010.taobao.com

TH2000A 二次变频 HF 全波段收发信机



TH2000A 是由 BD6RA 设计的二次变频 HF 全波段收发信机，发射功率 10W。整体设计比较先进，第一本振采用9951DDS，全波段双界面、双 VFO，CPU 采用体积小的 PLCC 封装。接收部分采用 3 片专用 HSB88WS 二极管混频 IC，配合贴片混频变压器，动态范围大，本底噪声低。SSB、AM、FM 分别使用 2 个晶体滤波器。

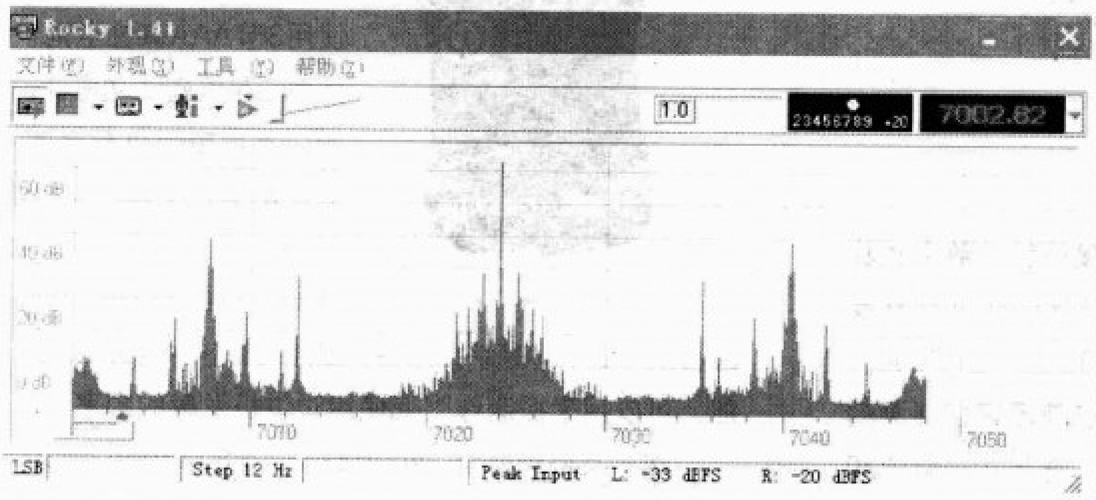
TH2000A 最大的优点是设计简洁，调试简单，在没有专业信号源、示波器等调测设备的情况下也有很高的组装成功率，非常适合有一定动手能力的业余无线电爱好者组装。TH2000A 实际使用效果已经可以与一些厂产的商业成品电台媲美。

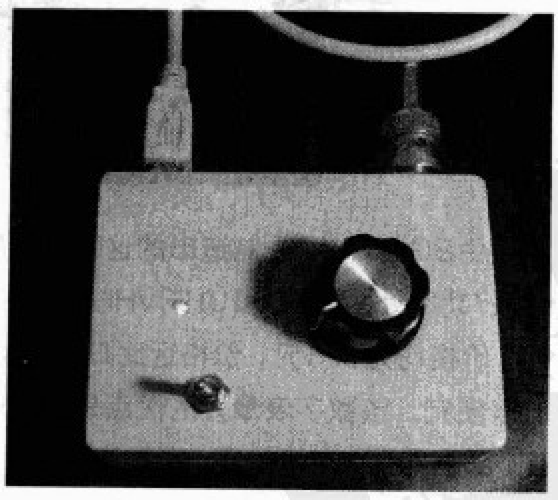
TH2000A以散件形式发售，附有详尽的制作说明，用户可以自行制作适合自己口味的外壳。

购买及咨询网址：www.hellocq.net/forum/showthread.php?t=144885&page=1&pp=30&highlight=TH2000

SR-40 软件无线电收信机

SR-40 是由 BA5SBA 制作的一款基于软件无线电的收信设备。该设备可利用电脑声卡配合电脑软件解调空中无线电信号，支持SSB、CW、RTTY、PSK31 等常见业余电台通信信号。软件无线电是目前通信电台发展的新方向，现在很多高端无线电台和信号监测设备都采用软件无线电设计。SR-40使用主要的软件是由VE3NEA编写的ROCKY 1.41，并由BA5SBA进行了汉化，方便中国HAM 使用，同时SR-40 也支持多款同类型的国外其他解调软件。SR-40 硬件作为接收前端具有结构简单宜于自制的特点，BA5SBA 可提供全散件套件和成品，价格在百元左右，非常适合入门爱好者低成本地领略短波通信世界。目前限于声卡的采样带宽，所以SR-40主要接收频率是7MHz业余波段的7.035 ~ 7.083MHz，这也是 7MHz 业余波段中 SSB 语音信号最集中的部分。SR-40++ 是 SR-40 的硬件升级版本，增加覆盖了 7.000 ~ 7.045MHz 工作频率。





购买及咨询网址：www.hellocq.net/forum/showthread.php?t=147162&page=1&pp=30。

测试仪器篇

AW07A 天线分析仪

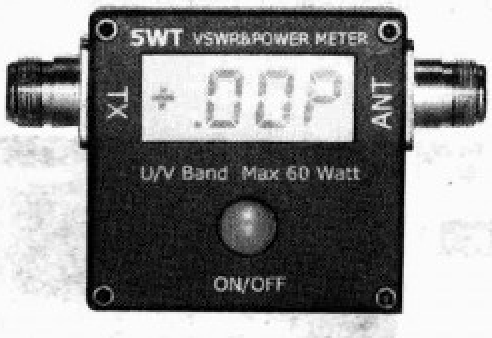
AW07A天线分析仪由BA5RW开发制造，AW07为目前最新版本，属于不断改进之作，提供成品整机，以前还有AW06、AW05、AW259等早期作品。目前的AW07工作范围覆盖HF、VHF、UHF的业余无线电波段。AW07具备天线参数测试和频率计功能，屏幕第一排分别显示频率值、波段开关分段字母，第二排显示电阻R_i电抗，复合阻抗Z和SWR值。AW07A是一个多功能的仪器，除了具有天线分析仪和无线频率计的主要功能外，还具有电容、电感测量估算功能，自行附加极为简单的探测线圈电路，还能立即具备陷波表功能。适用于业余无线电160m波直到70cm波段内各业余波段的50 Ω天线馈电系统的测试、调整和相关实验。

使用天线分析仪可以快速地检测天线的特性，而不需要电台配合，使用非常方便，是天线测试、调整，甚至是天线制作的好仪器。目前进口的同类产品如MFJ-269价格在3500元左右，而现在国产的AW07A的价格不到进口产品的五分之一，所以AW07A一上市就遇到HAM抢购，货源一直很紧俏。

购买及咨询网址：www.hellocq.net/forum/showthread-t-167314&highlight=aw06.HF＋UV全段天线分析仪AW07A实验报告和团购预订.html。

数字式驻波表/功率计

驻波表/功率计是业余电台最常用的测试仪器，可以检测天馈系统的匹配状况和输出功率。数字化时代很多传统仪器都由指针表头向数字化显示转变，在专业场合用于驻波和功率的测试仪器早就改成数字化显示了，但专业仪器价格昂贵，一套R/S NRT的价格比一台ICOM 756 PRO III都贵，所以HAM使用的商业成品驻波比表目前的主流还是指针表。



由BG1LQX率先制造出的这款准确度不错的数字式驻波表/功率计，分HF和UHF/VHF（100~500MHz）两种波段，价格均为198元，价格远比DIAMNOD和REVEX的指针表便宜。该数字表最大的优点是测量驻波无需校准满刻度，即插即用，使用简便，读数更为方便，在显示小数值和显示精度方面有一定优势，上市以来受到不少用户好评。

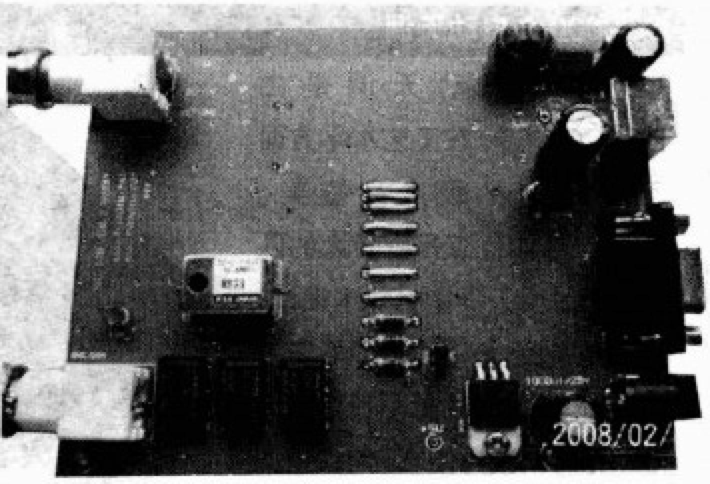
购买及咨询网址：shop34415785.taobao.com。

数字频率计＋功率计

GY561是一款集频率计和数字功率计于一体的新款手持型测试仪器，在原来手持频率计的基础上增加了功率计功能，频率测量为1~2400MHz，可以精确到0.001MHz，功率测量：DC~500MHz +/-10%，范围为0.1~50W，使用3节AAA碱性电池。因为它是终端式功率计，所以不用搭配负载器就能准确测试功率。对于新手来说，用它测试手持对讲机的频率和功率最合适不过，同时手持频率计还有侦测空中频率的功能，可以用来探测你附近使用对讲机发射的频率。

购买及咨询网址：shop33451368.taobao.com。

NWT-500 测试仪

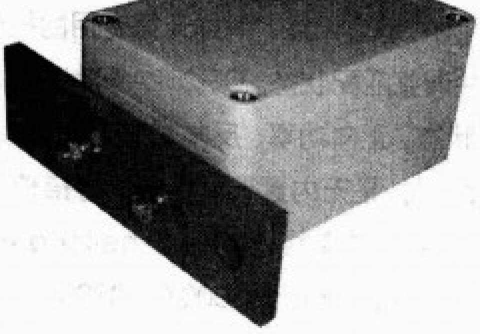


NWT-500套件是由BG6QBT制作的500MHz频率特性测试仪器，与电脑相连可以比较精密地测试两端口网络的频率特性，有点像扫频仪的功能，可以用来测量多种滤波器和通带的特性。名牌的网络分析仪价格昂贵，即便是二手货也非普通HAM能拥有。NWT-500作为一种廉价的替代仪器，能够满足技术派HAM业余条件下非高精度频率特性测量的基本要求。NWT-500产品分成品主板和不含一些贵重芯片的半成品主板，这些贵重芯片HAM有望以申请样片的渠道从芯片制造厂家免费得到。套件不含外壳，机壳用户需要自己加装。

购买及咨询网址：www.hellocq.net/forum/showthread-t-169576&highlight=NWT500.NWT-500 测试仪定购!!.html。

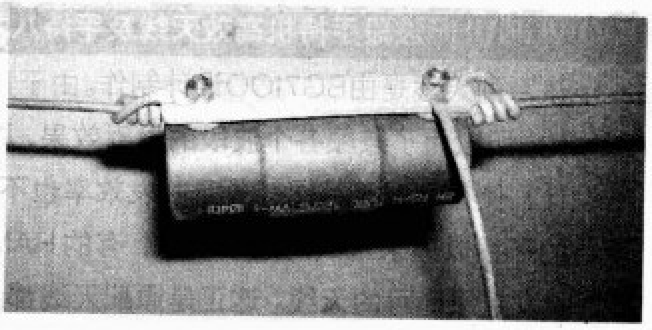
天线篇

M-409、M-527 短波缩短天线



该系列短波天线是由BD8ABM设计制作的，是可水平、倒V、斜拉架设的陷波线圈型多波段谐振天线。M-409是业余五波段缩短型短波天线，最长的左右两臂各为9.6m左右，外型与DIAMOND W8010类似。M-527缩短天线工作在业余黄金波段15m、20m、40m，左右两臂各长约5m。

谐振型多波段倒V/水平天线一直是HAM架设短波电台最常用到的廉价型天线，具有成本低廉和效果突出的优点，实际使用效果明显优于商用的宽带吸收电阻型天线。制作这类天线关键技术部分是巴伦和各波段的陷波线圈以及具体线缆尺寸，日本一些此类名牌天线价格近千元。M-409、M-527天线的核心部件巴伦和陷波线圈只要百余元，用户只需要配上适当长度的电线就能构成一副短波天线，而且巴伦和陷波线圈都可以独立购买。

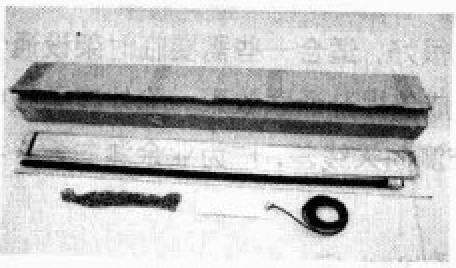


购买及咨询网址：www.hellocq.net/forum/showthread.php?t=154774&page=1&pp=30

HFG 高效率单波段短波移动天线

该系列短波车载天线由BA6LM设计制作，适合于短波车载移动通信，也可用于架设在阳台等狭小空间使用。有些因居住条件不能架设短波天线的HAM将此天线安装在阳台上并辅之与适当的地网，在实际通联中也取得了很好的效果。

该车载天线为单波段天线，目前有3.8MHz、7MHz、14MHz、21MHz、29MHz系列。因为该系列天线属于自然谐振型天线，所以辐射效率比较高，并不一定需要天线调谐器配合使用。经过设计者测试7MHz通联效果接近倒V天线，



14MHz以上效果更好，超过一些进口名牌车载天线。天线总长度约2.4m，分两节，每节约1.2m，天线上端可折叠，方便进入车库等。7MHz天线重量约620g、14MHz、21MHz、29MHz天线重量约510g。机械强度好，车速达190km的实验及越野实验的效果都很好。最大承受功率可达SSB 300W。

购买及咨询网址：www.hellocq.net/forum/showthread-t-95960.BA6LM车载（阳台）短波高效率、高强度天线低价馈众HAM.html。

CG3000 全自动天调

该全自动天调是由BG6CG制造，在工艺水平方面可以与商品级产品媲美。CG3000的优点是有较大的匹配范围，全天候密封防水设计，可以在室外无特殊防护下安装使用，CG3000属于长线型天调，具有架设方便、无需调整的优点，天调接上长导线作为振子，并配合适当地网就能与几乎全短波波段自动调谐匹配。与原装的ICOM AT-120 AH4相比，CG3000不再需要特殊的控制信号线，这样使得它可以配合更多不同厂家的电台进行工作，成为“百搭”的通用型天调，同时安装也更为方便。CG3000可以承受200W（PEP）功率，所以搭配市面上大功率机型的短波电台也不成问题。

BG6CG还出品适用于室内的CG202A小型台式天调，适用于倒V、八木、垂直天线，同样无需专用的控制数据线，直接侦测发射频率，并调整匹配状态。CG202A配有液晶状态显示屏，可以显示天调工作状态，正向功率、反向功率、驻波比、电容电感量等信息可谓所见即所得，是无内置天调电台的好搭档。

购买及咨询网址：www.hellocq.net/forum/showthread-t-126257&highlight=cg3000.CG3000全自动天调.html。

天线旋转器指示控制器

天线旋转器一直是玩定向天线用户梦寐以求的宝贝，但大牌的商品级旋转器价格昂贵，中高档产品相当于一台中档短波电台的价格。很多HAM都想自制转向器，但像商业转向器那样的同步指示机构使不少人犯难。BH7JEC以电子罗盘和监控用云台搭配，创出了天线转向器新思路，并成功制作了基于电子罗盘示向和云台控制的八木天线自动旋转控制器。

重型云台完全可以担当旋转小型UHF/VHF波段八木天线的需要，而且价格远比传统天线转向器便宜得多。电子罗盘指示方向从传统的天线方向同步指示变为天线方向检测，其指示精度和准确性都有提高，同时数字电子罗盘输出的数据信号还能结合各种电子地图，实现电脑自动方向控制和显示。

购买及咨询网址：shop34427566.taobao.com 的 通信设备部分。

IOO VHF/UHF 波段手持机高效天线及手持八木天线

该系列天线是由BG7IOO设计制作。由于目前进口中高端手持对讲机多是多波段工作的，所以为了兼顾各个波段的发射效果，原厂制作的天线只能采用很多折中妥协的设计，使得原配天线比较长且收发效率也不高。而在HAM中，很多人需要使用高增益的天线以追求最大的通联效果，有的HAM天天随身携带对讲机，则追求小巧玲珑、收发效果尚可的天线。这正是原配天线都无法做到的。BG7IOO制作的系列天线从短到长，提供不同尺寸和增益的天线产品，正好填补了这方面的空白。HAM还可以与BG7IOO电话沟通定制自己心目中的理想尺寸和中心频率的天线，可谓度身定制。BG7IOO制作的天线并不是以控制较小的驻波比为单一目的，他更注重天线的发射效率，所以其制作的天线发射效率在HAM中受到一致称赞。S218系列短天线几乎已经成为进口中高档手台超便携天线的不二选择，长度有5cm、6cm、7.3cm可选，其实际发射效果优于一些日本著名第三方天线厂家的产品。36cm长的高增益系列SK238V不但增益高，而且非常柔软，使用携带也非常方便。

BG7IOO制作的小八木天线别有一功，除了方便拆卸、携带外，实际通信效果也很好，适合一些需要临时架设通信天线的场合和移动通信的场合。对于新HAM来说，把这八木天线临时架在窗口就能成倍提升通联效果。除外在无线电测向中此八木天线也有很好的表现，在430MHz波段测向时效果不比数万元专业宽带测向天线差，广为业余测向爱好者所采用。笔者用此八木天线搭配FSH3和EB200，都有很好的测向效果。

购买及咨询网址：www.hellocq.net/forum/forumdisplay-f-63.BG7IOO 天线专区.html。

ICOM IC-2820H 使用简报

文／黎海（BD7PA）

ICOM IC-2820H是一款定位于业余无线电通信爱好者专用的设备中较高等级的模拟、数字双模式车载电台。究竟是怎样的功能和设计，让BD7PA把IC-2820H列为是高等级的车载电台呢？别急，请允许我慢慢道来。

既然要说IC-2820H，就很有必要从它的上一代产品IC-2720H“老大哥”开始谈起，它可是HAM友圈子中有着好评如潮的超经典模拟机，即便是IC-2820H开卖已久的今天，2720依然是市场上拥有较高性价比的热销机型。据不完全区域统计，就BD7PA生活和工作的城市业余通信圈子中，10辆安装业余车台的汽车里，其中6~7台装的就是IC-2720H。出色的机体和实用功能、贴心而便捷的多功能手咪设计，可以说2720是中国市场上至今很成功的业余车载电台。

IC-2820H作为2720H的下一代产品，不仅继承了上一代近乎全部的优点，还在其良好的基础平台上，增加了更好的创新设计。

IC-2820H 的创新设计

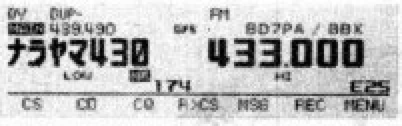
强化友善的人机界面。

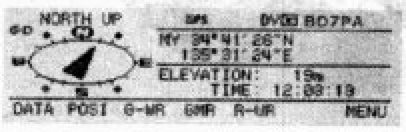
IC-2820H这一代机型增加了可变背光颜色的、大型点阵式的显示屏，不仅看得舒适而且非常清晰。应夜间安全驾驶的迫切需要，2820H首次在车载电台中设置了自动背光定时关闭功能，绝对不会在夜间驾驶时因为电台面板显示屏的光亮显示影响驾驶员，从而最大限度保障了安全。而且该机亮度和背光颜色的调整可以仔细至几乎渐变的级别，且在使用一段时间后，改变背光色彩，更会产生使用上不同的新鲜感觉。

IC-2820H的屏幕背光从2720的2种背光颜色增加至8种颜色，其色相特性关系，在实际调整过程中的时候，色与色之间几乎呈现过渡性调整，不同的颜色背光效果，可以较好地配合车内装饰，也可方便地配合各种不同的操作环境。不仅如此，该机提供了多个不同背光亮度供精确选择，例如：夜间行车，可采用深红色的背景光和最弱的背光亮度，这种配色方案，公认为有利于晚间驾驶机车时使用；而日间行车，则最适合使用浅绿色或琥珀色，能够在日光下较好地衬托出黑色的信息显示内容。

IC-2720H与IC-2820H的面板对比

两个频率主旋钮由IC-2720H上的双向旋钮设计改为笔者期待已久的三向控制。音量和静噪也终于用上了双层的旋钮，比起IC-2720H用两个旋钮独立调整要方便多了。而且，2720的左右两个频率段工作区域共有4个旋钮，外观大小都一样，你别说PA笨，有时候，真的会忘记了哪个旋钮是管音量，哪个旋钮是管静噪的。现在可好了，IC-2820H上，中间的旋钮在手伸过去的时候，首先接触到的是音量旋钮，而再伸进一点的外圈才是静噪，正符合了常规情况下，音量





调整多于静噪设定的使用习惯。俗语说："微细之处见真章"，一台机器愿意在细微之处落重笔墨，便意味着人机界面将会更加符合使用者的习惯。功能再强大的机型，没有良好的人机界面和使用便利特性，便注定在以人为本的今天，是失败的设计。

HAM 用纯数字通信 D-STAR 模式。

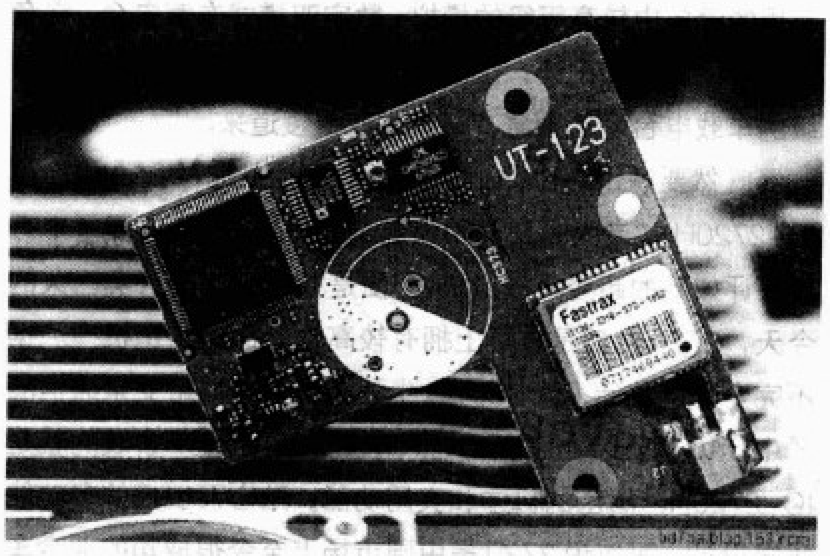
D-STAR 是一个HAM用的数字通信标准，内含的服务有：语音、数字传输、GPS 定位信息数据交换、短信状态、来电主叫显示、数字录音、自动应答等7项主要功能，且基于 D-STAR 标准的以上所有功能，都能够经过与互联网相连接的数字中继进行透明传输和交换接驳。因此，数字中继间只需要有互联网络支持，就可以不受距离和地域限制，进行组网通信，而IC-2820H，则是理想的基地台或车载台式的数字终端集成系统。

全球首台内置 GPS 接收机及 DPRS 系统的 HAM 用电台。

把GPS接收机整合到车载台中去，是一个非常好的集成方案。只要你愿意，每次进行数字语音通信时，都能够不断地发出实时的GPS地理坐标资讯，非常适合应急通信的位置显示及车队出行时分享自己的坐标位置。如果一班车队都使用 IC-2820H，只要轻松地接上电脑及打开GPS电子地图，就能够像玩游戏般，不断显示每一台车在电子地图上的相对位置和分布，当出行时，哪辆车在什么地方出现麻烦，也能够立即发出自身的GPS地理坐标，从而让其他队友提供相应服务。当然，IC-2820H在设计时就考虑到对传统模拟APRS的支持，也在机体处理器中增加DPRS到APRS的串行数据输出透明转换协议服务，让DPRS接收到的数据资讯能够在APRS传统软件上接驳和执行。（D-STAR 数字模式的所有服务，须安装 UT-123 选件，该选件集成了数字调制解调器及 GPS 接收机。）

双天线信号差分接收，提高数字通信稳定度。

机体背后提供两个天线接口，一个用于收和发送信号，另外一个为接收专用。当把 IC-2820H 作为基地台安装时，强烈建议有条件的朋友"活用"这种非常棒的差分式设计，收发专用接口连接全向的玻璃钢天线，而接收专用的天线接口则连接具备转向器的定向天线，且两条天线间分开一定的距离。玩法：当建立通信数字通信后，IC-2820H是能够实时显示通信中对方相对自己的方向角度、距离和高度的，这时候就可以把定向天线参考机器显示的地理数据进行调整，从而实现遥远通信时提高稳定度和信噪比。在使用差分接收时，需要把机器设定到单频率显示的单独工作模式，再在菜单中打开天线差分接收功能。



UT-123 选件

IC-2820H 前后面板的接口

基于智能天线系统，革命性地应用于业余无线电通信系统中，IC-2820H是第一台！配置两个天线端子，能够同时连接两条天线用于接收同一个信号，然后利用高速高频非接触开关进行快速切换，对接收信号质量择优录取。差分式智能天线系统，针对移动中多谱勒效应的影响，有较明显的抑制和改善作用，特别是在城市中移动更是如此。最难能可贵的是，该功能不仅能够工作于数字通信模式，模拟模式下也是工作的，仅AM模式不起作用。在D-STAR数字通信系统中，这个设计的使用效果更加明显。BD7PA个人认为，智能天线差分系统的增加是为了增强D-STAR数字通信系统性能而作的专门设计。

IC-2820H颇具商务元素的外观

按键直观化。

ICOM发展到IC-2820H这一代机型的时候，功能繁多，按键上不仅标示出了对应功能，更利用了每个按键上对应的显示位置，在按下功能复用键后，对应的屏幕位置，就会显示出每个功能键对应的功能。按键上白字的印刷，表示出短按此键的功能，蓝色的印刷，表示出长按此键的功能。更多的功能，则配合功能复用键实现。

使用感受

IC-2820H面板用了高反光的金属银电镀材料包围着旋钮，再用长条型的电镀银色饰条，放在液晶显示屏和功能键之间作分隔，再配合磨沙哑光黑架构基底，BD7PA个人认为整个面板的布局和设计很上档次，用在高档的汽车上，毫不失礼。事实上，从IC-2820H的分离控制面板设计时，不难看出已有较明确的商务元素：稳重的磨沙工艺和哑光黑作为基础主色系，少量比例的高反光银边用于点缀，低调中显现这是一台有丰富内涵和强大机能的数字化通信终端平台。

IC-2820H的每一条频道都能够标示上属于自己的名字，再加上大面积点阵显示屏幕的优势，频道名称和频道群组名称、频道编号都能够一气呵成地全部显示，清晰明了，频道和群组隶属关系明确。如此完备的显示正是HAM友们需要的。

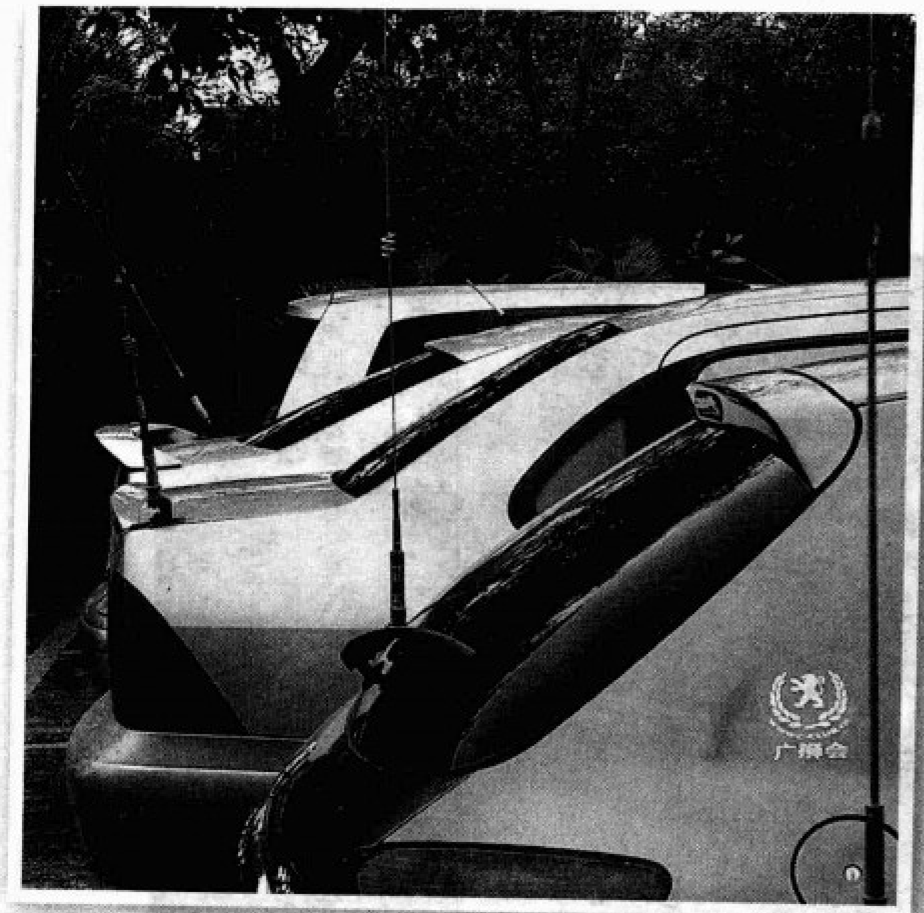
液晶屏上的全方位信息显示

延续IC-208H、IC-2200H、IC-2720H上大获好评的全功能HM-133系列遥控手咪，以及IC-7000上的HM-151遥控手咪（外观相近，功能不同），IC-2820H继续沿用遥控手咪。据笔者不完全“口头访问”，在目前众多业余无线电产品著名品牌中，ICOM这款遥控手咪，是得到最多好评和赞誉的款式，按钮分布合理、均匀，按键面积大，按键上的字体印刷十分清楚，并用红、绿、黑三种颜色分别标示出每个按键的功能组合。按键本身使用软硬适中的半透明硅胶混合物制成，洁白并有透光特性，浅绿色背光从背后渗出，亮度虽然不高，在黑暗应用环境中，却提供了合适的照明亮度。遥控手咪背后提供大开口式的挂咪口，没有突出，是往内凹陷式的设计，既不影响外观，挂放手咪的时候又很方便。

IC-2820H改变了分离控制面板和主机之间的数据连接线的接口，也因此取消了面板上的手咪插头。上一代IC-2720H上，主机和面板之间的数据连接，均为6针接口；但IC-2820H则采用主机端6针，面板4针的设计，两代机之间的长和短延长线，均不能通用，但RJ11和RJ45标准的插头和插座的采用并没有更改，这也为HAM友们按需自制延长线提供了便利。

IC-2820H采用了创新的磁力固定设计。分离控制面板后面增加了两个强力的磁铁，并随机附送了一块开好固定位和用于安装固定架（和相机底部通用固定孔相同）的专用铁片。面板在不需要的时候就能轻易拆下，而需要固定的仅是上面提供的这块铁片，当然，也可以随意吸附到铁制固定位置或是主机上。

操作的便利，性能的优越，这一切，IC-2820H做到了，PA推荐。（完）



车载电台安装使用全攻略

车载电台

电源与电台维护篇

○ 文/吴国光（BA7IA）

由于汽车本身已经装置了一个比较完整的电源系统，既有发电机，又有蓄电池，还有充配电控制系统，可以提供一个约13.8V的直流电源，这些都为车载电台的供电提供了很大的便利条件。在一般情况下，汽车的电源系统可以提供车载电台进行短期或长期的运作，但由于车上配备的蓄电池容量有限，在进行较长时间操作时，就需要开动汽车发动机，由发电机产生电力对车载电台供电。汽车本身的电源系统是为该汽车本身的供电而设计的，因此，在电源供电的容量上，并没有考虑对其他设备供电，为此，不宜在车上装置耗电太大的车载电台，加装设备的耗电要控制在30A以下。

汽车的电源系统可为车载电台供电

车载电台的耗电功率比较大，发射时车载电台最大工作电流达10～20A，因此选择合适的电线很重要，建议使用多芯且横截面积在2.5mm²的优质多股铜导线，有可能的情况下可以使用4mm²的导线，不过导线太粗了走线不好走。多股铜线上所被覆的绝缘材料最好是能耐热的，防止在QSO时因电线电流上升发热而使绝缘材料熔化，造成短路，产生火灾事故。买电线时不要买普通的白色双绞线或平行线，那些线是室内市电用的，多股线中的单根铜线太细，另外绝缘外皮是为室内使用设计的，不适合在发动机舱这种温度变化频繁的场合使用，时间长了会老化很厉害，有可能引起短路。另外现在市面上出售的电线有很多看上去很粗，但线芯很细，这样的电线是不符合要求的，买的时候一定要看和问清线芯的横截面积。建议使用2.5mm²的动力线（一般多股线中的单根铜线都比较粗，横截面更大些）。在一些高级汽车音响专门店里可以找到用橡胶做绝缘材料的汽车专用电源引出线，可是价格比较昂贵，笔者是采用在旧货市场上淘到的用特富龙为绝缘材料的多股镀银铜芯线作电源引出线的。引出的电源线要分清正极和负极，在连接时绝对不能弄错，为了容易分辨清楚电源引线的正负极，在选择电源引出线时宜选择两种不同颜色的绝缘被覆，通常有红黑色的组合，还有黑白的组合等。

在布线之前，预先勘察好走线的路径，先量出足够长度的电线，然后用电工胶布半搭形式缠绕包裹一层，用来增加耐腐蚀、抗老化、防火等能力，不要使用塑料绝缘胶带，用那种老式的黑胶布。笔者买到一种由硬尼龙丝编织的保护套，这种保护套能自动裹紧导线，用热缩塑料管固定两头，使用效果非常好。为了保证电源引出线连接良好，减小连接点的接触电阻，引线最好使用压接焊片方式进行连接，压接好焊片，再套上热缩塑料管，既美观又可保护接头，压接焊片的大小应根据电池头和接线板连接螺丝的大小选用，不合适的压接焊片容易造成接线不牢靠。

根据以往的经验，在汽车上有3个地方可以取电，第一个取电的地方是直接从蓄电池引电源进车厢内，不管车型如何，汽车都装备有蓄电池，所以对于大多数不熟悉汽车电路系统的业余无线电爱好者来说，从蓄电池上引出电源接线是

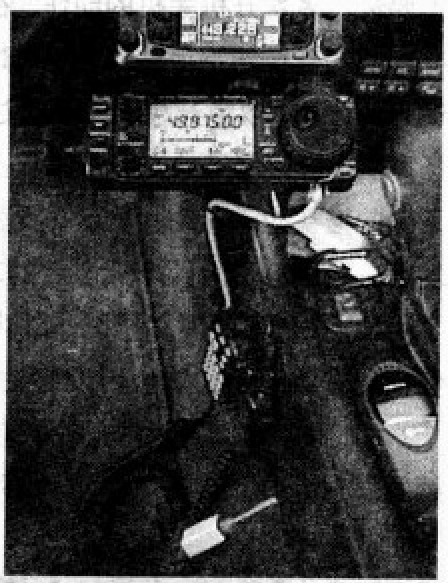
用热缩塑料管保护接头

最好和最简单易行的方法。从蓄电池向车厢引线需要从发动机舱防火墙上穿线。一般的汽车总有从发动机舱通往驾驶仪表台的线孔，找到线孔后把原有的密封胶等去掉，查看剩下的穿线空间是否足够，用一根单股线通过线孔从发动机舱往车里试探穿入。通常在油门拉线附近有一个用橡胶堵塞住的孔，可以从那里穿线，最好在买电线时买一个橡胶护孔圈，垫在过线孔上，防止天长日久防火墙铁皮将电线磨破短路。从这里取电的好处是电源充足，不和其他线路发生干扰。缺点是电源通断不能被控制，在汽车停放、人离开车时，若忘记切断电源，会使蓄电池的电量白白被消耗尽。从蓄电池引出的电源线在正极上需要串接保险丝，接入保险丝的位置宜靠近电池头，这样当有短路故障发生时可以在电池头引出点切断电源，保护导线不会因短路熔化着火，引起更大的事故。若要详细了解不同型号保险丝的熔断特性，可以查看相应的产品标准目录，通常使用保险丝的额定电流为用电设备最大电流的1.5~2倍比较合适。从蓄电池向车厢捆扎固定电源引线，引线的走向要尽量短而且要远离发动机的高热和运转部位。电源引线安装完成后，还要采用适当的措施把引线孔重新密封起来，防止烟尘、废气、昆虫和噪声等从引线孔进入车厢内。

另一个取电的地方是汽车电门的常断线，从这个地方取电需要熟悉本车型的电路系统，不熟悉的最好找汽车维修店或汽车音响改装店的技工帮忙。从这里取电的好处是汽车熄火后就自动断电了，不会因为忘记关掉设备而消耗蓄电池的电能。缺点是有可能增加常断线的负荷，那根线要负责汽车很多电器的供电，由于其本身做得很粗，只要车载电台的功率不是很大，应该没有太大问题。我看到市面上汽车音响改装店里有一种引出一根接线的汽车保险丝（也可以买个保险丝回来自己焊出一根线来制作），利用这种经过改造的保险丝，可以代换在车上的保险丝位置，同时在这个保险丝的位置把正电引出来，负电可以利用车体取得。这个方法的好处是根本不用改动车内的任何电路，前提是要对车子保险丝盒里的各个保险丝的功能非常熟识，并且，车载电台的功率不能太大，因为车体电阻大，在大电流下或者会产生干扰。

根据以往的经验，在汽车上有3个地方可以取电，第一个取电的地方是直接从蓄电池引电源进车厢内，另一个取电的地方是汽车电门的常断线，第三个取电的地方是从点烟器中取电。

第三个取电的地方是从点烟器中取电。采用点烟器接口引出电源比较方便，并不需要对汽车进行任何改动，在汽车装饰品店有点烟器取电的接头卖，买回来分清正负极焊接好，把接头进行包扎绝缘好就可以用，不用时可以随时拔下。缺点是点烟器的最大工作电流不能超过10A，不适合要求较大电源容量的设备，同时只适合不抽烟或不用点烟器的人。



车载电台可以从点烟器中取电

还有一个方法就是买一个车用继电器直接接蓄电池，继电器用汽车点火开关控制(也可以通过点烟器取电控制)，这样电台实际上是由蓄电池供电，熄火拔钥匙的时候，电台同样可以断电。控制继电器的触点容量要根据用电设备的容量进行选择，继电器可以同时切换正负极电源，也可以单独控制电源的正极。

当在车内还需要连接多台设备时，宜在电源引线的终端加上电源接线端子板，使分接线安全美观。为设备安全计，每个分接设备均要加入保险丝。注意在电源线经过的地方，如果有可能产生与车上部件相互摩擦的线段都应该用绝缘胶带包上进行保护。

为了减少通过电源引导干扰信号，可以分别在电源线的入口和出口处并联几千到上万微法的大电容，用以吸收来自汽车底盘的散杂干扰和发动机火花干扰，还可以串接入用磁环绕制的电源滤波器。尽量缩短电源的走线，减低电源线的导线电阻。还要注意要使连接的接头都接触良好，只有保证低的接触电阻，在大功率发射时减少电压降，才可以减少干扰，这样才能保证不会出现其他意想不到的问题！

车载电台的日常维护及注意事项

(1) 车载电台在日常使用中应该注意防止振动与撞击，

防止潮湿和浸水。要时常检查车载电台的连接引线和固定螺丝等，遇因振动有松开的要及时上紧，以免由于接头接触不良和机器振动而引致内部电路故障。注意检查电台的各连接线保持处于自然放松的连接状态，连接线不应有太大的牵拉应力，更不应该利用连接线作为捆扎固定电台的手段。不要踩踏在电台上。

(2) 当需要装拆车载电台或者分离面板的时候，要先关掉机器的电源，拔除电源线后方可进行其他操作。使用过程中不要进行多次开机关机的动作，在打开电源开关前，要留意电台的发射按钮不要被按住，同时也要检查音量旋钮是否在适当的位置，以免开机瞬间音量过大损害听力和烧毁机内的扬声器。应该仔细检查全部连接头，特别是天线与车载电台之间的接头应该紧密，千万不要在不接天线的情况下让电台发射，否则容易烧毁车载电台的功率放大管和相应的电路。

(3) 在烈日暴晒下密闭车体内的温度很高时，最好要暂停使用车载电台，防止因设备过热而损坏。

(4) 通常连续通话时间不要超过10分钟，因为长时间连续的发射会导致内部功率放大部分积聚高热而损坏，同时注意不要触碰到经过长时间连续通话后机器的散热片，以免被高热烫伤。在能够进行清晰通联时，试着适当地减低发射功率，这样不但可以节省电力，也可以减少电台的发热量，延长电台的使用寿命。

(5) 要注意车载电台的清洁，灰尘的积聚不但会腐蚀电路，造成电路的短路，而且会堵塞散热通道，减低散热效能，容易引致机器内部电子电路的损坏。在对汽车进行美容清洁时，可以顺便把车载电台散热片上的灰尘用吸尘器吸掉。对于装有散热风机的车载电台还要经常检查风机和风道的积尘情况，必要时需要拆开机壳进行清洁。

(6) 由于车载电台的发射功率一般比较高，可能达到25~50W。因此，需要注意当车载电台发射的时候，不要让人接触或靠近天线，特别是眼睛、面部或者身体的其他裸露部分不能接触天线。记住，在防爆场所和汽车加油站等地方不要发射信号，在离其他电台太近的地方也不要发射大功率的信号，防止因大功率发射信号倒灌而烧毁对方电台的输入部分。

还要注意，不要让儿童随意接触或操作车载电台。

新品快讯

2008上海CEF电子展上的火腿器材新品

本刊记者在刚刚结束的2008年上海电子展上一睹了近期广为HAM关注的YAESU手持新品VX-8R的风采。这款近期即将在国内上市的手持电台不仅在操作性方面较之前的7R、6R有了更人性化的改进，其性能的提升和功能的增加更是吸引HAM的眼球。VX-8R同FTM-10一样，可添加BU-1模块，使对讲机和无线耳机以蓝牙方式连接。此外，该对讲机可具有GPS功能，可以通过GPS天线模块FGPS-2，随时发送你的位置数据、前进方向和移动速度等信息。VX-8R内置的APRS(自动位置报告系统)可以让使用者轻松实现与其他APRS设备用户的组网，并与他们分享位置数据。

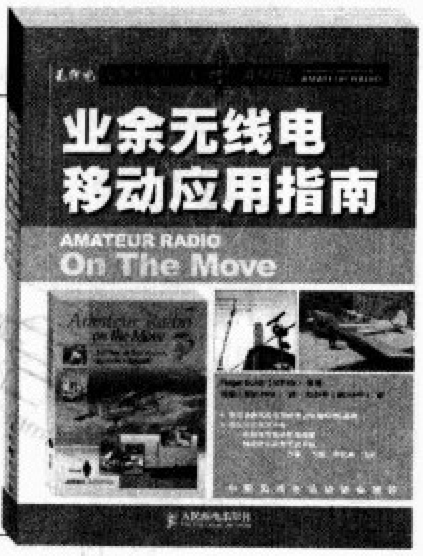
关于VX-8R的使用报告，我刊将在今后的杂志中进行介绍，敬请关注。

本刊记者在2008上海CEF电子展上还看到了即将在国内上市的日本彗星天线，该品牌天线在性价比方面值得业余无线电爱好者期待，本刊也会积极关注该品牌天线的相关信息，及时与爱好者分享。 (本刊记者)

VX-8R

日本慧星天线

《业余无线电移动应用指南》中文版内容摘选



简单的
多波段车窗玻璃天线

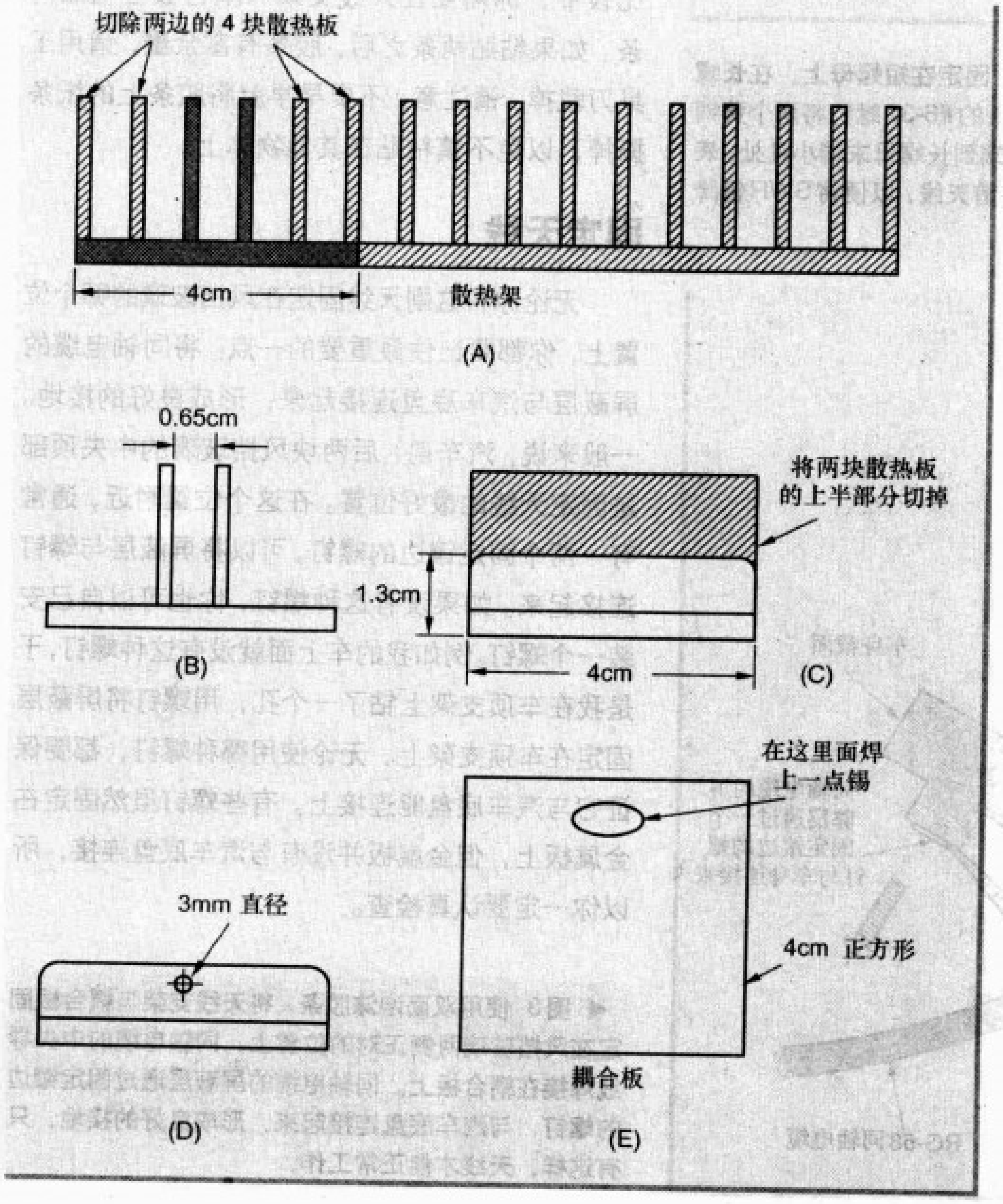
○ 文 /WA4TEM（著）张宏（BG1FPX）（译）

每个购买新车的火腿都希望安装2m车载电台，但另一方面，他们不希望为安装2m车载天线而在车身上钻孔。我最近买了一部VHF/UHF双波段车载电台，也遇到是否应当在车身上钻孔的问题。最后，我终于想出了办法，避免了钻孔。

我的办法就是制作车窗玻璃天线。这种天线通过风挡玻璃传送射频信号，不需要在车身或玻璃上钻孔，天线的两部分之间也不需要导线。像许多老火腿一样，我喜欢自己制作器材，这就是我制作这种天线的原因。这种天线安装方便，拆卸方便，更重要的是，能够在多个波段工作。

制作天线

我使用一种散热材料作为天线支架，请看图1。我偶然找到一块铝制散热架，上面有一些又长又直的散热板（类似鱼鳍），每块散热板相距0.64cm。如果找不到这种散热架，你也可以使用类似的铝制材料。

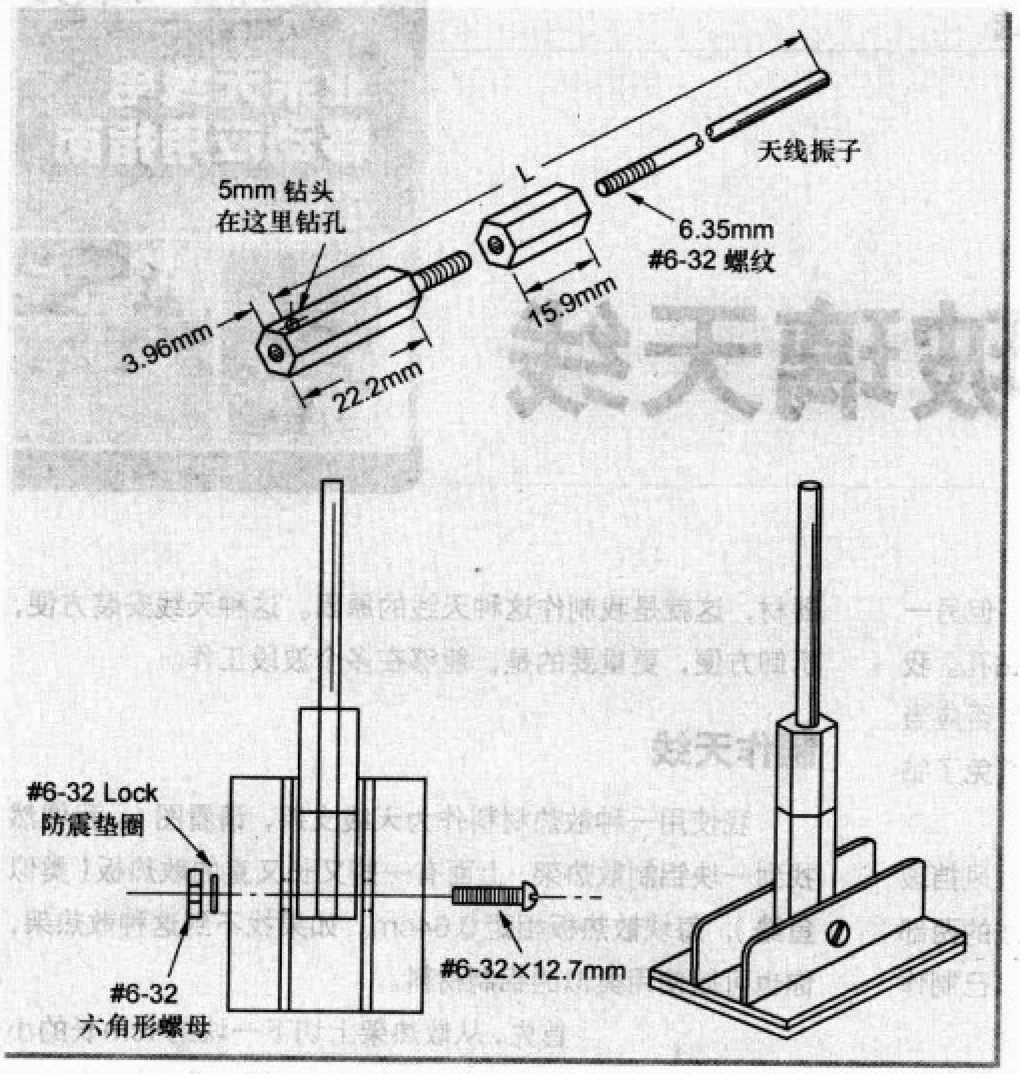


首先，从散热架上切下一块约4cm长的小方块，上面有6块散热板，切除两边的4块，只保留中间的2块。剩下的2块散热板有些高，我将它们的上半部分切掉，只保留下半部分，高度约1.3cm。用砂轮将两块散热板的4个棱角磨圆，防止它们扎人。在两块散热板的中心，分别钻一个直径3mm的小孔。至此，天线支架制作完毕，它将固定在风挡玻璃外面。

风挡玻璃里面还需要一块耦合板（风挡玻璃内、外两部分相当于一个电容器，所以我称作耦合板）。我从一块钢板上切下一小块作为耦合板，面积与天线支架相等。不要使用铝板作为耦合板，因为它很难焊接。

天线应当固定在两块散热板中间，为此，我找到2个六边形黄铜螺母（一长一短），正好能够放入2块散热板中间，见图2。短螺母是中间贯通的，长螺母的一端是螺丝（用来与短螺

◀ **图1 (A)天线支架是用铝制散热架制作的。(B)从散热架上切下一块约4cm长的小方块，上面有6块散热板，切除两边的4块，只保留中间的两块。(C)将两块散热板的上半部分切掉，只保留下半部分，高度约1.3cm，用砂轮将两块散热板的四个棱角磨圆。(D)在两块散热板的中心，分别钻一个直径3mm的小孔。(E)从一块钢板上切下一小块，面积与天线支架相等，作为耦合板，上面焊上一点焊锡。**



▲ 图2 天线的振子用直径2mm的黄铜焊条制作的，固定在短螺母上。在长螺母的空心端钻了一个直径3mm的小孔，用一个1.3cm长的#6-32螺钉将两个黄铜螺母固定在天线支架上。天线的总长度（L）是从振子顶端到长螺母末端小孔处。表1列出了每个波段的振子长度（近似值），你可能需要修剪天线，以便将SWR值降到最低。

附表 每个波段的天线总长度

频率 (MHz)	长度 (cm)
145	59
223	38.25
444	19.13
880（移动电话）	28.88
920	27.94
1296	19.69

母连接），另一端是空心的。我非常小心地在长螺母的空心端钻了一个直径3mm的小孔。最后用一个1.3cm长的#6-32螺钉将两个黄铜螺母固定在天线支架上。

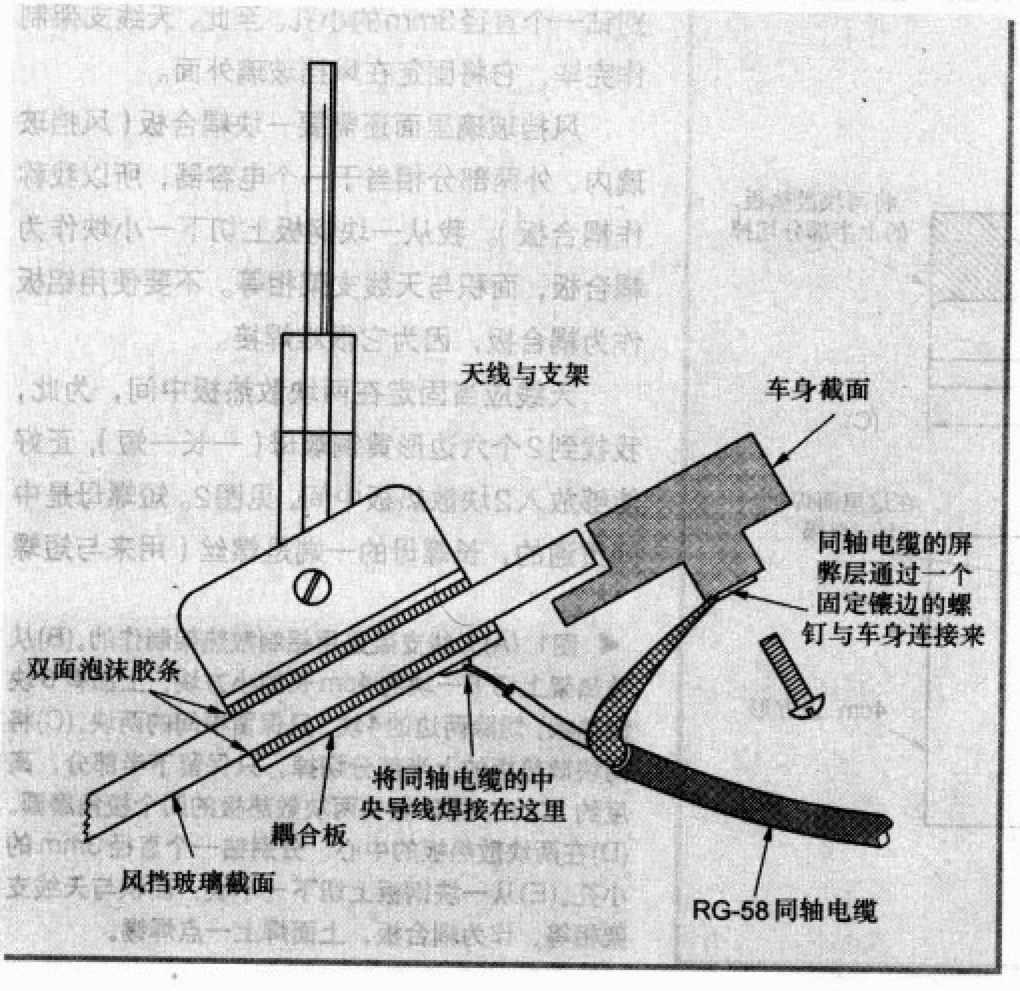
天线的振子是用直径2mm的黄铜焊条制作的。我用专门工具，在振子一端刻出#6-32螺纹，长度为6.4cm，然后将振子拧入短螺母中。如果你找不到专门工具，也可以使用直径1.5cm的焊条，将它焊接在短螺母上。

天线的总长度取决于你所使用的波段。附表列出了每个波段的天线总长度（近似值），你可以参考。振子固定在短螺母上，如果我需要改变波段，我只要将现有的振子拧下来，换上新振子即可。

可以使用双面泡沫胶条，将天线支架与耦合板固定在风挡玻璃两侧正对的位置上。这种胶条比较窄，你需要在天线支架和耦合板上粘贴两条。如果粘贴两条之后，胶条有富余量，请用工具刀裁掉。请注意：不要早早就将胶条上的纸条撕掉，以免不慎粘贴在其他物体上。

固定天线

无论你将这副天线固定在风挡玻璃的哪个位置上，你都要记住最重要的一点：将同轴电缆的屏蔽层与汽车底盘连接起来，形成良好的接地。一般来说，汽车前、后两块风挡玻璃的中央顶部是固定天线的最好位置。在这个位置附近，通常有一两个固定镶边的螺钉，可以将屏蔽层与螺钉连接起来。如果没有这种螺钉，你也可以自己安装一个螺钉。例如我的车上面就没有这种螺钉，于是我在车顶支架上钻了一个孔，用螺钉将屏蔽层固定在车顶支架上。无论使用哪种螺钉，都要保证它与汽车底盘能连接上。有些螺钉虽然固定在金属板上，但金属板并没有与汽车底盘连接，所以你一定要认真检查。



◀ 图3 使用双面泡沫胶条，将天线支架与耦合板固定在风挡玻璃两侧正对的位置上。同轴电缆的中央导线焊接在耦合板上。同轴电缆的屏蔽层通过固定镶边的螺钉，与汽车底盘连接起来，形成良好的接地，只有这样，天线才能正常工作。

在风挡玻璃上挑选合适的固定位置，将天线与支架放在这个位置上（不会粘贴在玻璃上，因为胶条上还有纸条），将振子调整到垂直状态，然后拧紧支架上的螺母，使长、短螺母固定住。为了让天线的颜色与汽车的颜色一致，你可以使用喷漆罐，将天线喷成汽车的颜色。

油漆风干后，请用布将风挡玻璃上的内、外固定位置擦干净。在你准备撕掉纸条、开始固定天线之前，请最后检查一次，看看固定位置是否合适，例如，天线是否会被雨刷器刮掉、天线是否会被后备箱盖挤压等。

如果没有任何问题，请将胶条上的纸条撕掉，将支架粘贴在玻璃上，用力按几下，确保支架与玻璃紧密贴合。耦合板粘贴在风挡玻璃里面与支架正对的位置上。将同轴电缆的中央导线焊接在耦合板上，将屏蔽层固定在车身上。现在你可以打开 VHF/UHF 电台了。

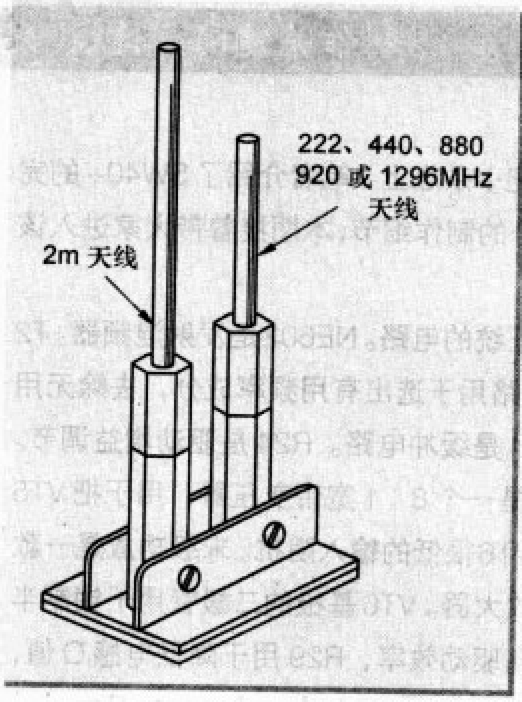
许多电台都有 SWR 表，你可以用它检查一下天线的 SWR 值。如果 SWR 值比较高，你需要修剪振子。我使用 2m 电台，以 50W 功率发射时，我的天线的 SWR 值是 1。如果你的天线的 SWR 值超过 3，最常见的原因是接地不良，你需要仔细检查同轴电缆的屏蔽层。

多波段天线

我把最好的东西留在最后！你只要在支架上，再固定两个螺母和一根振子，这副天线就变成双波段天线，请看图4。有些移动电话需要天线，你可以制作一副 2m/880MHz 双波段天线。2m 天线除了在 2m 波段工作之外，还能在 70cm 波段工作，因此 2m/880MHz 天线实际上是三波段天线。使用 2m/880MHz 时，需要天线共用器，你可以在火腿器材商店买到，也可以自制。

结论

我对我的车窗玻璃天线非常满意。这副天线不需要在汽车上钻孔，安装、拆卸都很容易。天线的 SWR 值很低，通信效率并不比钻孔安装的天线差。许多年来，我一直在使用它。



◀ **图 4 可以在支架上固定两根天线，让它变成双波段天线。2m/70cm 双波段天线特别适合 VHF/UHF 车载电台使用。**

天线小知识

天线的增益

在你去火腿器材商店购买VHF/UHF天线时，你经常会听到这样一个术语：增益。什么是天线的增益？它为什么如此重要？

增益是一个相对值，用来衡量一副天线与标准天线相比，发射、接收性能提高了多少，单位是 dB（分贝）。从这个定义可以看出，增益是衡量天线性能的相对指标。如果标准天线是偶极天线（由两根振子组成的 1/2 波长或 1/4 波长天线），那么增益的单位写成 dBd。如果标准天线是等向性天线（向所有方向均匀发射电波的天线），那么增益的单位写成 dBi。假设你购买的天线的增益是 3dBd，那就表示与（1/2 波长或 1/4 波长）标准偶极天线相比，你的天线的信号强度增加了两倍。请注意：天线并不能增加电台的输出功率，但它可以将电台发射的大部分信号集中起来，沿着某个仰角，传送到很远的地方，只将小部分信号传送到天空中，后者往往被电离层吸收，白白浪费掉了。接收情况与此类似（高增益天线能够接收大部分信号，低增益天线只能接收小部分信号）。高增益天线不仅可以增加信号的传送距离，还可以抑制栅栏效应（移动通信中常见的一种信号强度剧烈波动的现象）。

在你比较不同天线的增益时，你必须知道比较的标准。你应该记住的一个重要数值是 2.14dB，它表示偶极天线的增益是等向性天线的 2.14 倍，或者说，一副商业天线的 dBd 增益通常要比它的 dBi 增益大 2 左右（2.14 ≈ 2）。虽然制造商提供每种天线的准确增益，但你不必过分相信这些数值。我们经常看到夸大的数值，例如有一种 19 英寸长的 2m 天线，增益竟然是 10dB！

经典QRP电路SW40+仿制详解

城市上空的“夜鹰”

（下篇）

文／阮东升（BA6QH）

制作关键词：键控 发射混频 推动 功效 侧音

在第11期《无线电》杂志上，笔者介绍了SW40+的完整电路和接收电路部分的制作细节，本期接着带大家进入该机发射部分的制作。

发射部分是比较正统的电路。NE602是发射混频器。T2和T3组成的双调谐回路用于选出有用频率成分，去除无用频率成分。紧接着VT4是缓冲电路。R24是驱动增益调节。VT5为驱动电路。T4是一个8：1宽带变压器，用于把VT5的高输出阻抗匹配到VT6很低的输入阻抗。末级功放是一款非常经典的C类功率放大器。VT6基极的二极管用于钳制半周高频输入电压，提高驱动效率，R29用于降低电感Q值，防止产生寄生振荡，C类放大由于效率较高，功放管发热较小，只需装一个小型的TO-220散热片，电路板上留有一定空间。

具体安装步骤如下：

1. 键控部分：这部分很简单，键控管VT3选用C8550，焊接上R20、R21后，短接KEY（J4）插头二端，键控管导通，测量C极有电压即表明通过测试(图1)。

2. 发射混频部分：需要注意的是晶体与RFC2先暂时焊上去，以后在进行同频校准时要调整这两个元件的参数，焊接完毕加电短接J4，接上频率计，注意这里的振荡频率应该比4MHz频率略低一点，这样在最后完成时才可做到收发同频（图2）。

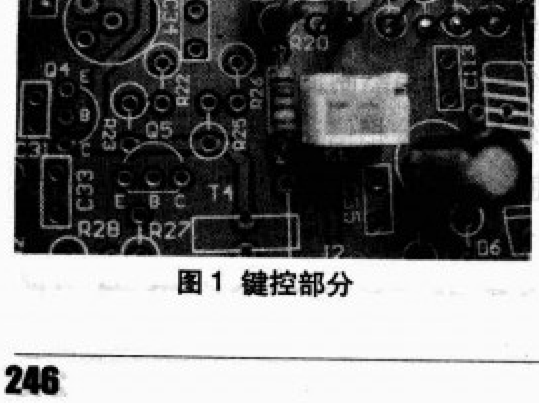


图1 键控部分

3. 推动部分：将T2/T3二只中周、VT4、VT5以及周边的元器件全部安装上去，同时焊上T4、C35，焊接前请仔细检测每个元器件的数值及好坏，VT4、VT5选用C8050的管子，这个时候费点心思在调试的时候就可以省去很多麻烦。请记住：DIY对我们而言是享受而不是与谁去比赛，不用着急，慢慢来做，慢慢来体会其中的乐趣……

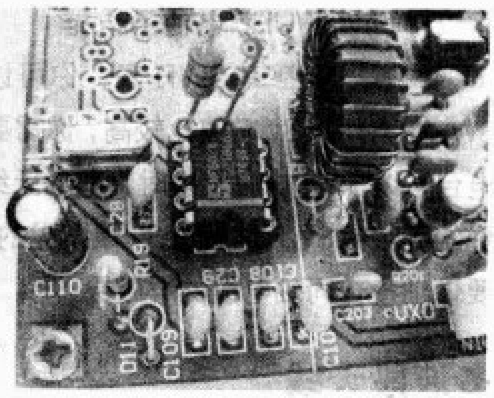


图2 发射混频

推动部分（图3）的负载线圈也是功放部分的输入线圈，同时起着阻抗变换的作用，这里选用的是美式磁环FT37-43，用ϕ0.5左右的漆包线初级绕8圈，次级绕1圈，这个线圈与下一步的功放部分的输出线圈都很重要，几年来的DIY经验告诉笔者，它将直接关系到发射部分的成败，不可忽视。下面来看看这个线圈的绕制与安装方法（图4）。

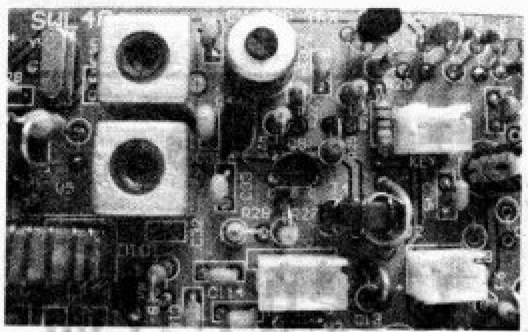


图3 推动部分

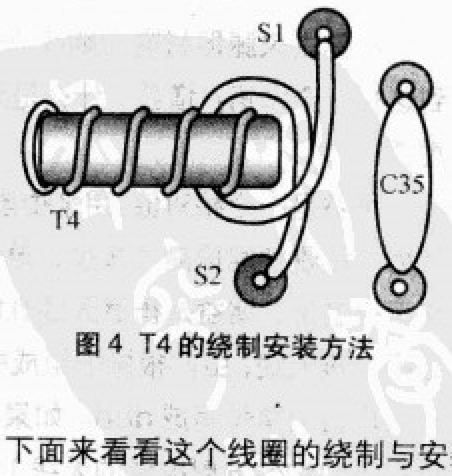


图4 T4的绕制安装方法

这一部分的调试很关键，也是整机调节最多的部分，一定要细心。将前面做好的简易场强检测板的输入端以及频率

计接在C35的一侧，检测板的输出端接万用表的10V电压挡位，将R24顺时针旋到底，短接KEY(J4)，然后仔细调节T2/T3，首先要看频率计是否显示在7MHz，然后看万用表使读数最大。请注意：不能专门看表上的读数，有时候读数最大但谐振频率不在7MHz，也是没有用的，此时测量整机电流大约在60mA。

接着调整收发同频，以7.023MHz为例，断开J4，接上天线，调节频率电位器使收到7.023MHz的信号最强，此时再短接J4，看看接在C35上频率计的读数，反复调整RFC2的数值（必要时可更换B5试一试），使频率计读数在7023即可，偏差几十赫没什么问题，如此推动部分的调整告一段落。

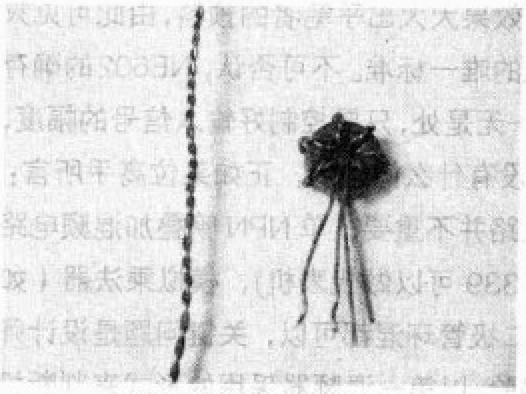


图5 输出线圈的绕制

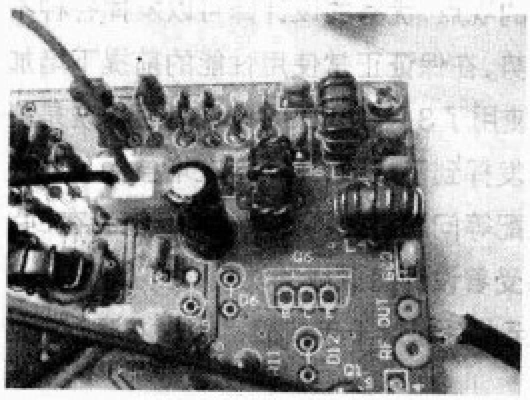


图6 输出线圈的安装

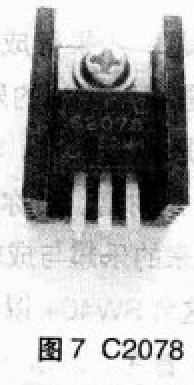


图7 C2078

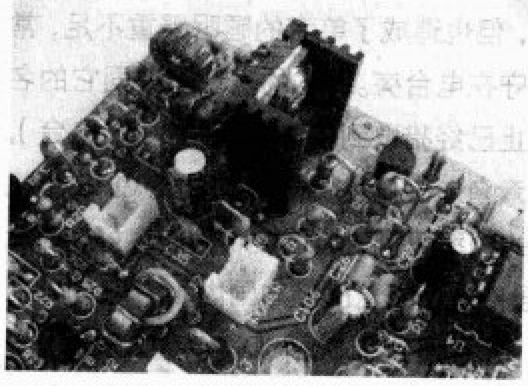


图8 功放部分

4. 功放部分：功放部分是一个很典型、很经典的宽带C类放大器，虽然此类放大器的效率只有50%左右，但优点胜在简单、免调试，只要焊接无误，成功率很高，谐波的滤除由末级的切比雪夫低通滤波器保证。这里要特别说明的是要将L2重新绕制成一个1:4的传输线式变压器（图5），此处也是对原电路改动最大的地方。由于晶体管的输出阻抗比较低，要想与负载达到很好的匹配，功率最大限度地输出到负载上面，必须要注意阻抗匹配。不知道原设计者是没有注意到这个问题还是故意这么做的，按照原电路的输出接法只能有2.5W的功率，用了这个阻抗，此转换后功率立马上升到5W左右。输出变压器的绕制方法很简单，还是用ϕ0.5左右的漆包线均匀绞合，在FT37-43的磁环上绕6圈，然后用万用表找出同名端首尾相接，连接端接功率管的C极，其余两端分别接供电端和输出端，找来一只拆机的C2078（图7）涂上散热硅脂与散热片结合牢固后焊上（C类放大效率较高，只需要一个小的散热片就足够了，见图8）。

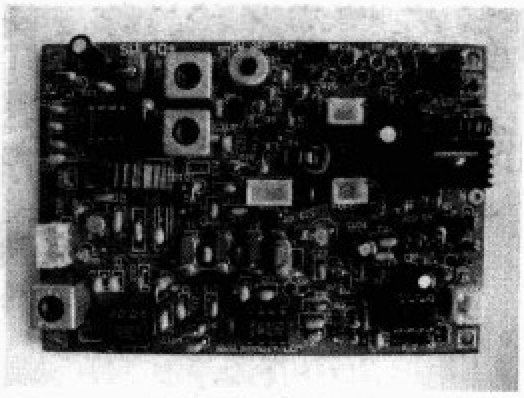


图9 完成后的主板

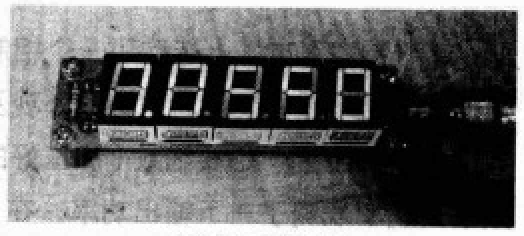


图10 频率计

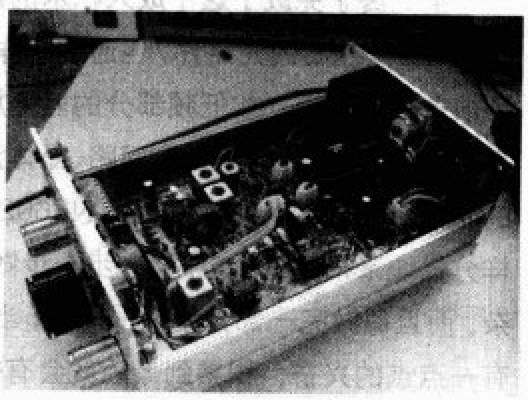


图11 整机及内部

至此整机的主板部分已经完成（图9）。做好后用NWT-500对低通滤波器部分进行了测试，其二次谐波衰减大约在-30dB，三次谐波衰减在-50dB，对于QRP的小机器来说指标基本达标。同时笔者用示波器看了一下输出端的波形，比较平滑，没有畸变证明该低通滤波器性能良好。

5. 侧音产生：本电路没有专门设置侧音电路，电路的接收部分一直在工作，在发射时由于信号较强，虽然VT1场效应管关断，但仍有一点信号泄露过来，这样就可以听到了侧音而且音量感觉正好，这样的设计真是精妙绝伦，值得反复玩味。

6. 附加电路：原机没有频率显示，在实际通联中稍感不便，为此笔者从网上购得一款5位数码管显示的频率计（图10），在本地朋友的帮助下将单片机的中频重新予以设置，加装频率显示功能后，整机给人感觉上了不少档次，实际操作中感觉方便快捷，不仅可以守株待兔，更可以设置好频率后主动出击。独乐乐不如众乐乐，为了搞野外活动将机器带着，笔者在本机输出部分用常见的LM386加装了一个音频功放，这样就可以用扬声器放音了。为了增加动感，在面板上加装了一只发光二极管，从键控管的C极加一只2.2kΩ的限流电阻，然后对地接一只发光二极管，这样它就可以随

图 12 前面板

着电键而起舞，给人以美的视觉享受。

7. 整机的装配：DIY 爱好者在呕心沥血完成一件作品后，往往由于没有一个漂亮的外壳而留有遗憾，为此，笔者特意到市场上选购了一个铝制的盒子，非常沉，屏蔽效果肯定不差，装好后整机的外观及内部构造见（图 11）在面板的加工上一定要细致（加工好的前面板见图 12），完成后用功率表测了一下输出功率，在 5W 左右。

至此终于完成了这个成人积木的搭建，虽然这个小玩意只有 120 个左右的元器件，但通过制作使我们了解并学习到了很多相关知识，如低频部分的差分放大器、有源滤波器、高频部分的单调谐、双调谐回路、晶体滤波器、高稳定度VFO 的制作、高频功率放大器以及 NE602 的各种应用等。像这样分模块来搭建这个电路，一步一步做下来感觉并不是很复杂，而且每做完一部分就测试一番，当看到测试通过后就会有一点点的兴奋，积累到最后就会有很大的成就感。

表 1

频率覆盖	7.00–7.045MHz
操作模式	等幅报（CW）
电流消耗	发射：1000mA
	接收：49mA(含数码管消耗电流)
输出功率	5W
谐波抑制	-30dB（二次）-50dB(三次)

本机主要指标见表 1。

本机完成后，笔者在同一时间同一地点用同一天线在 7.000 ~ 7.045MHz 这一段，用 FT-1000MP 与本机做了 A/B 比较，接收的 CW 信号一个不少，而“夜鹰”只能工作在这一段，因此也只能在这一段作比较了。现居武汉 94 岁高龄的 BA6QB 朱天赋老先生在试用过后，评价本机接收时的背景噪声非常低（图 13）。网上的朋友在看到本机与美国夏威夷电台 KH7X QSO 的视频后说，接收效果比他正在使用中的 FT-80C 要好，我想这也许要归功于本机较窄的中频滤波以及低放部分采用了低噪声运放的缘故吧。

图 13

“夜鹰”虽然背景噪声低，但接收弱信号的能力并不低，曾经与BG1IOY/QRP完成通联，对方使用的是2W输出的国产“章鱼”（即国内爱好者根据 2008 年第 6 期《无线电》上 BD6CR介绍的“章鱼”Rock-Mite而衍生改进的套件）。当然，在绝大部分的情况下，廉价的DIY 作品是不能公平公正地与大量销售的商品机比性能的。

在这里要特别指出的是，以前看到很多资料及DIY高手均指出 NE602 动态范围小，抗过载能力低，根本不能胜任接收机第一混频的重任，因此笔者也一直对 NE602 不十分“感冒”，本机的接收部分做好后也没有寄予很大的期望，但没想到实际中的接收效果大大出乎笔者的预料，由此可见只有实践才是检验真理的唯一标准。不可否认，NE602的确存在缺陷，但也不至于一无是处，只要控制好输入信号的幅度，接收 DX 远地电台是没有什么问题的，正如某位高手所言：第一混频器用什么电路并不重要，单 NPN 管叠加混频电路(没有套件采用，但是 339 可以做代表机)，模拟乘法器（如 NE602 等），肖特基二极管环混都可以，关键问题是设计师的理论水平和实际经验。以第一混频器采用的形式来判断机器性能的好坏是错误的观点，优秀的设计师可以发挥各种不同类型混频电路的优势，在保证正常使用性能的前提下增加装配的成功率。本机使用了 3 只 NE602，设计者可以说是将其在各个方面的应用发挥到了极致，无论是在增益的分配还是各级之间阻抗的匹配等问题上无不殚精竭虑，笔者在DIY 的过程中时时刻刻感受着设计者深厚的功底，好似与设计者心意相通，DIY 意境至此，如饮千年佳酿，畅快淋漓，夫何他求！快哉！快哉！

实　战

曾经有爱好者提出这样的问题：如果有成品短波机，DIY 的短波机是拿来用的呢，还是满足 DIY 的乐趣和成就感？笔者很赞同这样的说法：DIY是种“境界”，非金钱可以衡量，DIY 过程中你学到的知识，是财富。当你用自己 DIY 的机器成功进行了 DX 通联后，带来的乐趣与成就感不是成倍而是成指数增长。自从做好了这台 SW40+ 以后，由于耗电电流不大，闲暇之余总是将它开着在 7.023MHz 守听，成品电台现在基本不开，但也造成了笔者的睡眠严重不足，常常在深夜及凌晨时分守在电台旁。而它的表现也如同它的名字一般强悍，迄今为止已经猎取到了许多猎物（DX 电台），与以前的“蛙鸣”、“章鱼”、“啄木鸟”等单频点 QRP 小机器不同的是，由于它的频率可调，加之接收性能良好，因此“夜鹰”的实战性很强，迄今为止已经与国内 1~9 区的电台做了 400 余次 QSO，并且通到了 50 个 DX 字头（表 2）。

在今年5月的WPX以及7月的IARU世界短波通信锦标

表 2

洲名	DX 字头	合计	总计
亚洲（AS）	BV VR JA HL E2 UA0 XU XW UN	13	40
欧洲（EU）	DL E7 ES EW HA LY OE ON OH OM RN3 SP SM S5 US YO YL YU8	26	
大洋洲（OC）	9M6 DU KH2 KH7 T8 V6 V8 VK YE	9	
北美洲（NA）	W KL7	2	
南美洲（SA）	HC8	1	
非洲（AF）	CT3	1	

表 3

比赛类别 \ 洲名		亚洲（AS）	欧洲（EU）	大洋洲（OC）	北美洲（NA）	南美洲（SA）
WPX	呼号（CALL）	JH4UYB	OG6A	VK6DXI	WX5S	HC8N
	通联距离（km）	1846	7181	6899	12631	15716
IRAU HQ	呼号（CALL）	E21EIC	S50HQ	KH7X	KL7RA	HC8N
	通联距离（km）	2356	8321	8647	7335	15716

赛中也分别通到了除非洲以外五大洲的电台（表3），表中与南美 HC8N 的两次 QSO 也是“夜鹰”取得的最远通联距离的纪录。

通联中常常能够遇到一些奇闻趣事。今年是一个体育盛事的年份，除了奥运会在我国举办外，之前的欧洲足球锦标赛也上演得如火如荼，这些大型的体育赛事一般都设有业余无线电特设台，“夜鹰”以另外一种方式参与其中，不仅与欧洲足球锦标赛的特设台 OE2008VIE 做了 QSO，更令人兴奋的是通到了与号称乌克兰两颗核弹头之一的乌克兰国家足球队前锋雷布罗夫 UT5UDX，这位仁兄不仅球技高超，CW 技术更是一流，据说是从小受到其 HAM 父亲的影响。前段时间，北京奥运会的5个福娃特设台也频频在空中出现，“夜鹰”也在 7MHz 的低端用 CW 通到了所有的 5 个福娃。

然而真正令笔者难忘的是“夜鹰”的一次 QSO 是与 W1AW/KL7 的通联，刚开始并不知道是个什么台，只认为 W1AW 在阿拉斯加工作（还以为W1AW是个人台呼号），由于在之前的 IARU 世界短波通信锦标赛中通到过 KL7 的电台，所以并没有过多注意。他的信号在“夜鹰”里也只是刚刚可以听到，并且听他与别的电台做 QSO 的时候也是慢慢

图 14 奥运特设台 QSL 卡

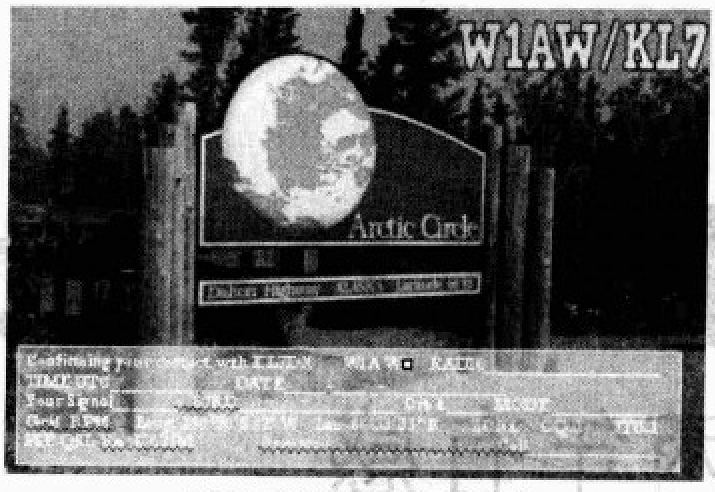


图 15 北极圈特设台 WIAW

悠悠地报 NAME/QTH 等，等他刚刚空闲一点，也用手键慢悠悠地呼叫他，没曾想他居然能够抄收给 569，报地址的时候还特意发了几遍 Arctic Circle（北极圈），照例橡皮图章式地报了 NAME/QTH/RIG/RWR 等，结束通联后到网上一查，才发现这可不是一般的电台，是美国协会 ARRL 在阿拉斯加搞的一次活动，目的是为了试验北极上空传播状况。现在是北极的极昼之时，据说此时有增强灰线传播的效果，而且特意准许这次活动使用美国协会总部电台W1AW（类似于中国无线电运动协会的BY1PK）这个呼号，这也是“夜鹰”第一次与北极圈内的电台所做的 QSO（图 15）。

一个特设台、一次远征就是一段故事，每当与这些电台做完 QSO 以后，笔者都会在 CQ 地图前驻足良久，更会上网查询更多的相关信息，慢慢地在不知不觉中会感到自己在各个方面的知识有了很大的提高，而这也正是业余无线电带给我们的最丰厚的礼物！时常看到、听到周围的人对我们这样一个爱好嗤之以鼻，认为这个爱好既没有经济收入，还要“无限垫”，然而 9·11 事件以及汶川地震后业余无线电爱好者的表现有目共睹，希望大家不要被这些世俗的观点淹没了我们的兴趣、爱好和激情，精神上带来的愉悦之情难道不是最好的享受吗？好好享受业余无线电带给你的快乐吧！

笔者与 BD4IZL 曾在空中相见，得知他所使用的设备也是自己 DIY 的“夜鹰”套件，音调悦耳动听，两只“夜鹰”的第一次相逢对鸣堪称完美无缺（见本期配刊光盘中的视频），笔者期待着更多的“夜鹰”翱翔在 BY 的天空，为 BY 主人的 DX 作出更多的贡献。

笔者注：谨以此文献给我的父母，感谢他们对我这项爱好的支持与帮助，特别是我的父亲，他是一位老的无线电爱好者和《无线电》读者，正是在他的耳濡目染下，笔者才步入了这项有益于身心的爱好中来。此文作为献给父亲的一份生日礼物，感谢他的养育之恩，更感谢他把笔者带入这个精彩纷呈、乐趣无穷的电子世界。

接触DX竞赛

两年有感

○ 文／张猛 (BD3BXH)

其实很早就想写点东西了，但由于时间上的原因一直未能下笔，这次CQWW SSB对我触动很大。回想起2006年参加CQWW SSB的情景仿佛还在眼前，当时的设备是IC-756，天线是4波段的DP和12m的渔竿制作的80m的GP天线，天线效率很低。那时我只是个对竞赛一无所知的“菜鸟”，在48小时煎熬中偶尔充当“呼叫器”的角色，当时的主角是BD3AIE、BD3AEK。但06年CQWW SSB使我对DX竞赛产生了兴趣，赛后开始寻觅机器和天线。06年底，我参加了B3C@CQWW CW，本人对CW更是一无所知，但出于对于比赛的兴趣还是坚持了48小时，不过这次的角色不是“呼叫器”了而是小跑，也就是跑跑龙套，帮着架设和调试YAGI天线。别看是小跑，但从中也掌握一些调试天线的技能。那次活动用的ED3DX和MFJ1792天线，机器是IC-746和IC-756，还有一台DIY的500W的土炮功放。这是俺第一次见识到洋枪大炮。不过和2年后的5单元全尺寸YAGI、80m的发射塔，FT-1000MP及IC-756PROIII，还有AL1500QX正品功放相比，那就是小巫见大巫了。但在当时那些设备也已经很“牛”了，只是今天更“牛”。

06年B3C@CQWW CW后，我得到了我的爱机FT80C和一支HV-7的车载天线，本来是看中一台带滤波及四次变

AL1500功放

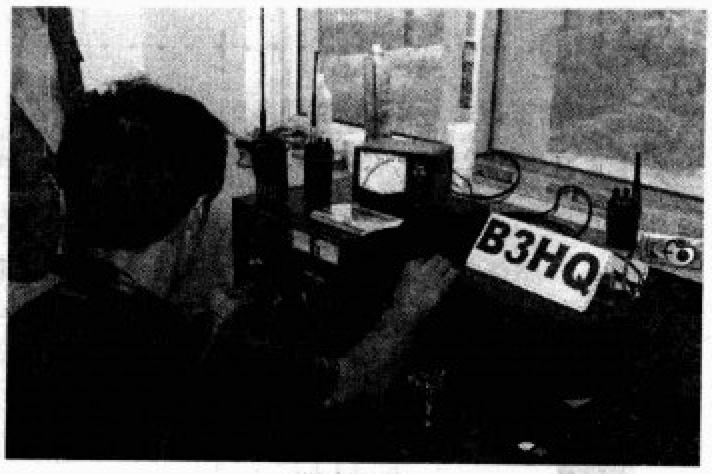
IC-751A

频的IC-751A，可惜啊！最后只能入手一台FT80C。不过，也算满意，没有跑频现象，满功率发射也没有问题。

接下来就是我和我的良师益友BA3CE的一段故事了。BA3CE对我可是又爱又恨啊。B3C@06 CQWW CW结束后，我就在家里架上3波段的DP天线，开始没黑没白地主叫。几天的时间，国内电台已经满足不了我的胃口了，开始去找DX电台了，几个月后DX台通了也有700多个。慢慢地感觉到天线和设备有些落伍了。BA3CE看出了我的心思，低价转让给我了他的爱机IC-746，还帮我架设了他的2副看家天线：ED3DX和MFJ1792。这样，从10m到80m的波段就全了，IC-746还带2块晶体滤波器，这下可爽坏我了。当时再有几天就是07年的第一个大赛CQWPX SSB了，我心想，这么好的硬件基础，DX台我也通了有1000多个了，自己玩个比赛还不行么？肯定没问题。大赛开始了，赛前那种信心很快就没了，现在想想实在可笑，在不了解规则的情况下，呼叫和回答文不对题，竞赛序列号报过来报过去，国外台发蒙自己也蒙，比赛了几个小时，就在无比的羞愧和懊悔下结束了。原来比赛并不是我想的那么简单，下一步怎么办？继续走回VHF/UHF波段的轻松聊天阶段，还是继续坚持我的DX竞赛之路？想到这心里一阵酸楚。这其实是因为赛前的了解不充分，没准备到点上。看看赛程表，下一个大赛是世锦赛，还是继续坚持吧，哪能这么快就被打到呢？世

锦赛前期，我先帮着B3HQ做着准备工作，然后自己在距离B3HQ 200m 的地方架起 ED3DX,准备自己玩一把，有了上次的惨败教训,这回也该挽回点面子来吧。由于和 B3HQ 相隔太近，只能放弃了 80m 和 40m 波段，不过成绩还算理想，终于榜上有名,等到了奖状。

庆功宴过后，BA3CE 又安排我参与 BY1TT 的远征 AS-151活动，起初我以为大家散散心，上了岛才知道BA3CE的用心，这可是练兵的好机会。这次海岛远征也让我感受到了北京 BY1TT 的团队作战能力和组织协调性，这些都很值得我学习。



调试设备

07 年 9 月我又参加了全亚 DX 竞赛，这次比赛实在累，要带着天线、设备，开车到100多公里外的郊区去架台比赛，我想每一个竞赛电台在没有固定的竞赛基地前，赛前准备都是一种折磨。BD3AVB 也参与这次长途跋涉，他似乎也体会到这点，赛后他就开始在津南区开始着手建设竞赛基地，终于在07年CQWW前一周完工。有了基地，B3C就舒服了很多，还有幸约到北京、河北、上海的高手前来。于是在本次竞赛总结中，我们提出了 08 年以发展新人和开展基地建设两项任务为主。

今年 10 月这次 CQWW SSB 比赛，BA3CE 没来参加，他可是 B3C 竞赛台的“精神领袖”。俗话说，地球离了谁都转，可转是转，但离开了 BA3CE 的指导，这次我们暴露了很多的严重问题。例如：不是每个 OP（操作员）都能独立完成比赛，期间包括计算机之间的联网、软件的熟悉程度、不同发射机和功率放大器的操作、磁暴情况和传播的规律掌握、突发事件的应急处理等。我们更加认识到组队参加比赛可是个系统工程，从计算机联网、电台设备连接调试、天线修整到值机计划安排、后勤问题都需要有人落实。这些暴露出来的问题我们要尽快想办法解决，才会更上一层楼！其实做什么都是这样，跌倒爬起、爬起跌倒，在摔跟头中学本领、涨经验，最终凭着一颗好奇心，在很多老HAM的帮助下，不断成长、成熟。感谢两年来帮助过我的朋友们，在以后的CQWW 比赛中，我们还会并肩作战，也预祝战友们取得好成绩！

漫画

不打自招

文 / 马长有（BG2ACA）

编者按

本期专题是我刊邀请著名的“基准发烧友”张利民（BG2VO），把他在网络上倍受网友关注的“DIY 高准确度电压基准”的热帖整理并补充而成的。文中多角度地阐述了在业余条件下无线电爱好者追求精密的基准电压而作的努力，也展示了作者多年来收藏的众多“发烧器材”。或许很多读者对“电压基准”这个词还有些陌生，那就让我们一起来读读这个专题，揭开“电压基准”的面纱。同时，从这个专题中，我们还可以深刻地感觉到，无线电爱好者的兴趣不仅可以很广泛，而且可以很深入，我们用业余的时间和业余的手段，一样可以达到相对专业的认知。

电压基准离我们有多远？

文/张利民（BG2VO）

什么是电压基准

计量和基准是一门科学，与我们的生活和安全息息相关。比如我们买米买菜，要用到各种计价称，这些称是否准确，是否会缺斤短两，就需要上级部门经常进行检测。这样的常见器具有天平和砝码，其中天平可以认为是测量工具，而砝码就是基准。同样，电压的测量在我们的日常生活中经常碰到，比如我们用的交流电压是否达到220V？手电筒的干电池或者是手机里的电池是否还有电？尽管我们进行这样的测量时不需要非常准确的电压表，甚至常见的2.5级的模拟万用表就足够了。但是在生产和测试这样的万用表时，就需要比较准确的检验设备了，而要生产和检定这样的检验设备，就需要更高级别的设备。这样一级一级地追溯上去，每一级的准确度都比下一级高好几倍，到了国家最高级别的计量单位那就非常准确了。另一方面，以前在模拟表流行的时候，万用表最好的是1.0级的（1%误差），最好的标准表是0.1级的。但到了数字表非常流行的现代，0.1%、0.05%甚至更高的精度也是很常见的，这就对生产和检验计量部门提出了更高的要求。对于追逐DIY的电子爱好者，市场上也更容易用不太高的价格买到高精密的元件和集成稳压器件，这也使得高精度的电压基准更容易平民化了。

1V 电压到底有多大

饱和标准电池

电压的单位是伏特（V），这个单位有严格的定义。但是，1V到底有多大？以什么东西作为基准呢？

饱和电池——昨日黄花

早在1892年，韦斯顿提出了饱和标准电池，标称电压为1.0186V，人们就曾经用这个电压做了很长时间的电压基准。韦斯顿饱和标准电池的电极是用纯金属镉制作，电解液为饱和硫酸镉溶液，密封在玻璃容器中，生产制作并不太难，价格也比较便宜，而且只要按照一定的要求，无论谁来做，无论什么时间来做，无论在哪里做，电压都可以认为是一样的。况且，这种饱和电池电压很稳定，而且几乎没有噪声，因此直到100多年后的现在，饱和电池在某些计量单位中仍然使用，二手市场上也经常能够见到。当然，饱和电池也有很多弱点，比如非常脆弱，不能倾斜或倒置、不能强烈震动，即便轻微震动后也需要很长时间才能恢复。同时，当温度变化时，电压变化也很大，因此常常能见到恒温的饱和电池。饱和电池的内阻也比较大，外部只要有负载，电压就向下掉，很有可能把电池累坏了。但这1V多一些的电压不仅不是整数，而且数值也比较低，不便于使用。总之，饱和电池有一大堆好处，但非常娇气，除了很少的几个计量单位有保存外（比如计量院保存的国家电动势副基准），其余的将逐步退出历史的舞台。

半导体二极管——当代明星

半导体二极管的反向击穿特性很陡峭，利用这个现象进行稳压很早就有人做了。利用这种现象专门生产的稳压二极管，具有体积小、坚固耐用、成本低廉、使用方便等特点。相对于饱和电池，半导体器件没有流动的液体，因此又被称为固态电压标准。只不过由于固态基准的噪声大一些，尤其是稳定性一直不是非常好，因此走不到很高的地位。不过在20世纪70年代尤其是20世纪80年代以后，在元器件厂家和整机厂家的共同努力下，一大批质量接近饱和电池但又没有饱和电池缺点的固态基准被生产出来，逐步占领了从生产基层一直到高层计量部门的广阔范围，起到了提供基准到电压传递的各种作用，实为电压基准的主力。不仅过去在用，现在用，而且将来仍然会大量使用。

约瑟夫森阵列电压标准——王者之巅

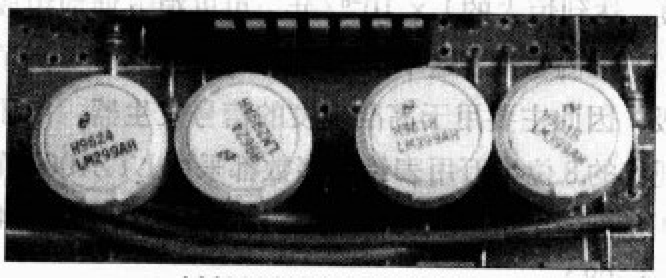
我们身边的固态电压器件

文/张利民（BG2VO）

1.半导体稳压二极管

半导体稳压二极管就是所谓齐纳（Zener）二极管，是利用高掺杂二极管反向雪崩击穿电压比较陡峭、恒定的特点作为稳压器件，具有各种击穿电压范围，比如国产的2CW系列。这类稳压管稳定度和噪声特性不太好。但由于结构简单，非常便宜，目前还广泛用于要求不高的场合。这种二极管在击穿电压小时，具有比较大的负温度特性，高电压时具有较大的正温度特性，在5.6V附近特性最好（温度系数小、内阻小），在6V附近具有大约2.0mV/℃的温度特性。国内较早的如2DW7C和后来的2DW232系列，是利用一个6V左右的齐纳管再串联一个正向偏置的二极管以便抵消温度变化的影响，这就是补偿型稳压二极管，这种二极管一般能做到$\pm 50 \times 10^{-6}$/℃的温度特性，最好的能做到$\pm 5 \times 10^{-6}$/℃的温度特性。这样的管子曾经广泛应用在早期的精密稳压电源、高精度万用表和校准源中。国外类似的型号有1N827、1N829、1N940等，比如最早的8位半数字万用表输力强（Solartron）7081，就是采用1N829做基准的。

输力强7081中的1N829



LM399AH和LM299AH

2.能带隙（Bandgap）稳压电路

能带隙稳压器件是集成型的利用补偿原理所制作的1.25V附近的基准。具有特性优良、价格低廉、耗电小的特性，因此用途非常广泛。这种器件的缺点是温度系数、噪声和老化特性不能满足高标准的要求。常见的例子有LM385-1.2、TL431等。至于现在广泛使用的78xx和LM317三端稳压IC，内部都是能带隙基准。这样的基准大量被3位半和4位半数字万用表采用，作为其内部基准。

3.深埋/埋藏型集成稳压器件

埋藏型器件是指在制作齐纳管时，不是在硅片的表面形成PN结，而是具备一定的深度，这样可以使器件免受污染，工作面积也比较大，具有噪声低、稳定性好的特点，这正是作为电压基准所必需的。典型的例子包括LM329、LM399。其中LM399是内部带有恒温的，广泛用在5位半

2005年第22周生产的两只LTZ1000 ACH

目前，国际上和我国都从1990年开始实行约瑟夫森效应复现电压单位，其不确定度非常小，达到1×10^{-9}量级，实现了从实物基准到自然基准的改变，解决了老化与独立复现的问题。我国目前直流电压基准保存在中国计量科学研究院，副基准在北京无线电测试研究院，都是约瑟夫森阵列电压标准。约瑟夫森阵列电压标准是利用了约瑟夫森效应，工作起来需要液氦超低温，购置成本非常高，使用维护复杂，因此国内只有少数的几套处于传递链的高端，而作为中、下层计量单位尤其是传递、转移用的标准，目前都是采用固态电压标准来进行的。因此，本专题的重点也围绕固态基准展开。

到7位半万用表和各种精密基准电源里。

4.超级基准

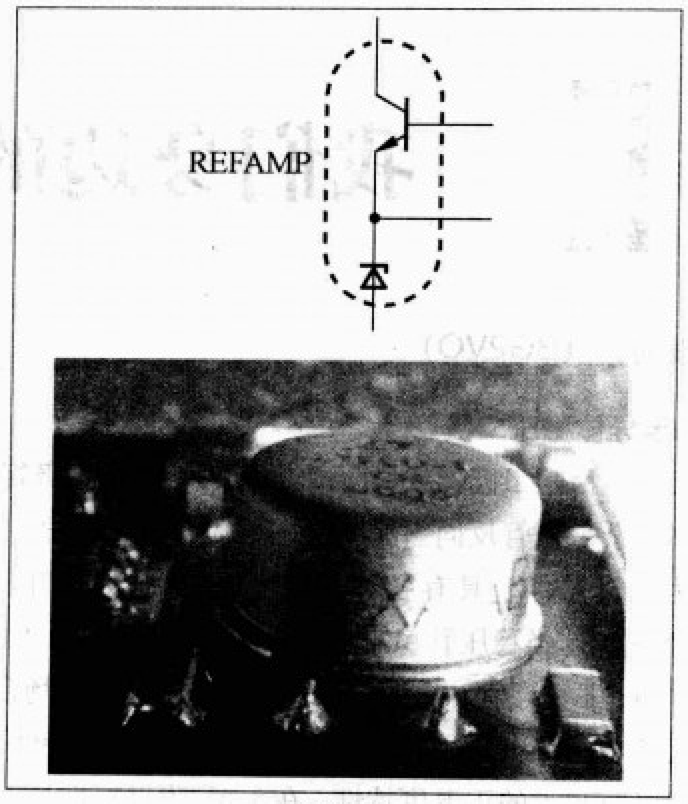
LTZ1000是线性技术公司（Linear Technology）从20世纪80年代开始生产的超级电压基准，片内集成了温度传感器和加热器（可选绝热外壳），温度系数达到 $0.05\times10^{-6}/℃$，而且由于控制部分在片外，因此恒温度可以随意调节。该器件也采用了深埋技术，因此取得了非常高的电压稳定度，达到惊人的 1×10^{-6}/年，可以很方便地组成一个小体积的恒温基准。这个指标可以认为比LM399高了一个数量级，因此主要用于高准确度的信号发生器、电压基准中。现代的8位半万用表绝大多数都采用LTZ1000作为内部电压基准，比如Datron/Wavetek 1281、Agilent 3458A、Fluke 8508A。

5.Motorola的SZA 263

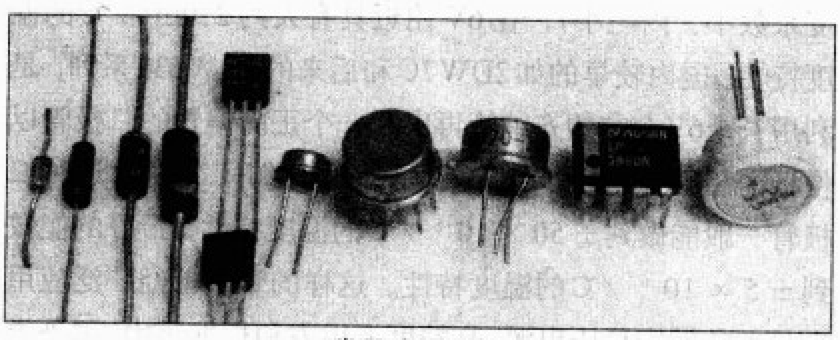
SZA 263是所谓的参考稳压器，只见于FLUKE的计量设备中，特性指标与LTZ1000类似，但结构比较简单，是一个深埋的齐纳管串联了一个补偿放大三极管，共同封装在4脚金属壳内，需要外部恒温，因此外部电路更复杂一些。这种用三极管补偿与用二极管补偿相比，增加了放大功能。输出为齐纳管的正极与三极管的基极，补偿用三极管的BE结进行，但由于基极电流很小，使得外部电路比较容易做好。另外，在齐纳管的负极有一个引线，可以给齐纳管提供额外电流，以便减少噪声并能把补偿的整体温度系数调节到零。

6.LT公司的LTFLU-1

LTFLU-1也是参考放大器，结构和外形与SZA 263完全一样，可以互相替换。笔者在线性公司的产品目录中没有发现该器件，只发现FLUKE后期的电压基准和后期的校准源（比如5720A）采用过。比如FLUKE 732B在1992年还用SZA 263，但到了1993年就换成LTFLU-1了。



LTFLU-1


常见稳压器件

上图为常见稳压器件，左起为：BZX79C、BZY88、BZY85、1N5339B（以上为齐纳二极管）、LM385-1.2V、TL431（以上为能带隙器件）、LM329AH、AD584LH、LH0070-1、LM369DN、LM399AH。其中，尽管LM369DN的其他特性比较好，但塑封的免不了老化要大一些，金属封装的性能指标要好很多。

附表 常见稳压器件特性比较表

型号	描述	基准类别			温稳措施			内电压	电压V		温度系数	老化 10^{-6}		低频噪音		内阻	开关变动	价格
		简单	带隙	深埋	简单补偿	复杂补偿	恒温	变换	标称	初始误差	$10^{-6}/℃$	1k时	1年	uVp-p	RMS 10^{-6}	Ω	10^{-6}	元
BZY88-5.6	普通齐纳	●							5.6	10%	400							0.2
LM385-1.2	带隙		●						1.23	2%	50	20	60	60	17.4	1		2
TL431	带隙可调		●					●	2.5	2%	50			100	14.3	0.2		2
2DW234	温补齐纳	●			●				6.3	4%	5			5	0.28	10		10
1N829	温补齐纳	●			●				6.2	5%	3			5	0.29	10		10
1N940	温补齐纳	●			●				9	5%	1.5			5	0.2	15		10
LM329A	温补齐纳			●	●				6.9	2%	50	20	60	5	0.26	1	0.2	20
LM399	恒温			●	●		●		6.9	2%	0.5	20	60	10	0.52	1	1	50
LM369DN	IC			●	●			●	10	0.10%	5	8	30	4	0.14	0.01		20
AD584LH	IC					●		●	10	0.05%	2	25	80					50
AD587L	IC					●		●	10	0.05%	5	15	50	4	0.29	0.1		50
AD586M	IC					●		●	5	0.04%	2	15	50	4	0.29	0.1		
LH0070-1	IC					●		●	10	0.03%	4	50	120	20	0.71			50
MAX6350	IC			●		●		●	5	0.02%	0.5	30	80	3	0.21	0.01	1	150
VRE100	IC			●		●		●	10	0.01%	0.5	6	12	6	0.21	0.01	1	200
X60008CIS8-50								●	5	0.01%	5	10		30	2.14	0.015		
REF102	IC			●		●		●	10	0.03%	2.5	5		5	0.18			
LTFLU-1	参考放大			●	●				6.8	2%	5	0.3	1	1.2	0.06	0.01	0.4	
LTZ1000	超级基准			●	●		●		7.1	2%	0.05	0.3	1	1.2	0.06	0.01	0.4	400

衡量电压基准的指标参数

文/张利民（BG2VO）

上面我们了解了很多基准器件，那电压基准都有哪些常用的指标呢？如何衡量一个基准器件的好坏呢？让我们来了解一下衡量电压基准的指标参数。

1.较低的温度漂移

比如一般要求温度漂移在 10×10^{-6}/℃以下，能做到 1×10^{-6}/℃就更理想。温度是电压变化的大敌，为了减少温漂，一般采用两种方法：

(1) 补偿。大部分电压基准方案用电路元件来补偿，只要方向相反、大小相同就可以抵消。高端的用数字方法，先把器件的温度特性记录下来，然后烧到ROM里用D/A输出相反的信号来补偿，可以做到 1×10^{-6}/℃。

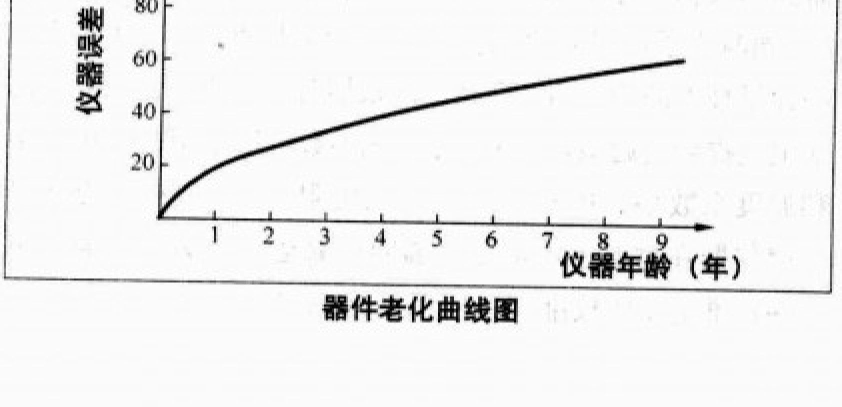
(2) 恒温。这是比较彻底的解决温漂的办法，有的采用片内恒温，集成稳压器内具备加热和温度比较电路；也有的片内提供加热和感温器件，但需要外部电路配合才能恒温；也有的干脆制作了外部恒温器，把整个电路加热。平时我们见到的所有恒温器件都是内部带有温度补偿的。

2．不容易老化

好的基准要求电压长期不变，因此长期稳定性或者老化特性往往是基准最重要的指标。温度特性不好可以通过补偿或恒温来弥补，但是，器件本身因老化而变动，自己是根本察觉不出来的。一般来讲，作为电压基准，每年变化不超过 10×10^{-6} 是最基本的要求，严格的基准每年变化不应超过 2×10^{-6} SZA 263。而对于普通的稳压器件往往不规定老化指标。

解决老化的方法，主要是器件的制作工艺，比如深埋。另外，还可以选取加速老化、筛选器件以及选择适当的电路等方法。

器件的长期老化特性往往服从开平方规律。即若一年



器件老化曲线图

老化了1mV，那么两年并非老化2mV，而是其开方1.4mV，4年才老化2mV。换句话说，老化将越来越慢。再比如LTZ1000的典型老化为2μV/kh，即1000小时2μV，那么2000小时就是2.8μV，要4000小时才达到4μV。这样算下来，一年才是6μV，也就是不到 1×10^{-6}。

3．较低的噪声和纹波

高准确的电压设备（比如高精度万用表）分辨力高，如果噪声大，那么后几位将总在变动，也就意味着测试的不确定性。这就像测量河水的水位，由于水的流动使得水位一会儿高、一会儿低地波动，就很难测准。噪声可大致分为高频和低频两种，其中0.1Hz～10Hz的低频噪声对计量影响最大，具体表现在，比如模拟指针的不停摆动、数字表末位总是跳动等。衡量噪声的大小有的用真有效值（RMS值），也有用峰－峰值（V_{p-p}）来表示的。好的电压基准噪声应该能做到 0.1×10^{-6} 以下，相当于10V的输出电压下噪声不到1μV。

4．准确的电压标称值

电压的单位是伏特，但由于伏特定义的原因，不可能有一个自然基准正好等于1V。电压基准到底输出多少电压就要看基准的原理了。能带隙的为1.25V左右，补偿齐纳的7V左右。至于直接输出5V或者10V等整数电压值的集成电路，其内部必然做了调整和放大。

当然，我们往往希望基准输出一个整数，如正好10V，这样用起来很方便。衡量是否准确，主要看实际基准与真正的10V到底有多大差别。

这个指标其实并不太重要，因为即便有差别，只要差别是固定的，就可以在测量中进行修正。因此，往往很多人更喜欢固态基准最原始的7V左右的电压，而不是经过变换后的10V，因为变换后，无论变换得如何好，总会有附加误差和不确定因素，只有原始的7V是原汁原味。

总之，一个好的电压基准，噪声要小，否则根本无法精确测量；长期稳定性要高，否则今天准确明天就变了；温漂也要小，否则受不了冷热。这里要澄清两个概念：以前我们常听说某某基准是高精度的，精度是0.01%，那么这个精度到底怎么理解呢？事实上，这样说是不严格的，是一个混合的、模糊的概念，可以理解为在常见的条件下，该基准的综合误差不超过0.01%，即 100×10^{-6}。这种常见的条件包括

电压基准仪器一览

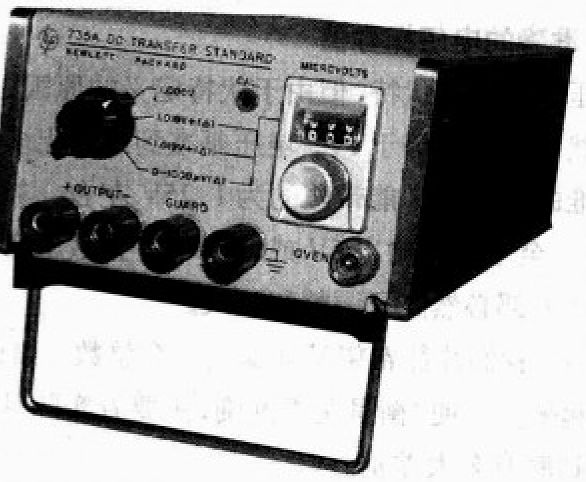
文 / 张利民（BG2VO）

电压基准仪器是保存、复现、传递电压所必需的，它们要定期到上级计量单位进行检定／校准，也随时参与同级的对比和向下传递、校准。只有一个集成块或者一个电路板是不能满足这样的要求的，一般这类仪器需要有坚固的抗干扰的外壳，内部提供电源，而且要输出10V，输出接线端子也很有讲究。大部分10V固态基准带有1.0186V输出，那是次要输出，是与饱和电池兼容和对比而设置的，指标低于10V。社会上存在大量的计量标准仪器，尽管等级不高，但可以输出从微伏到1000V的各种电压，这样的仪器属于电压校准仪，主要用于检定各种数字电压表。

我们首先来看看几款经典的老基准仪器，这些老基准尽管现在基本被淘汰，但其电路结构和设计理念仍然没有变，在二手市场上也比较常见。

经典基准仪器

1．HP的735A

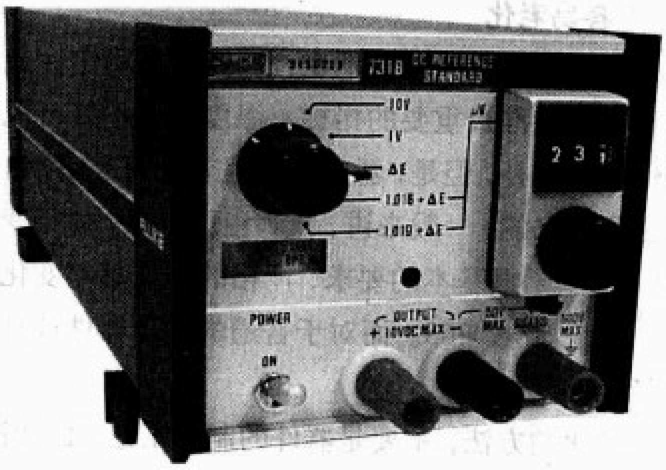


HP的735A

这是美国惠普公司早在1965年就开始生产的固态基准仪器，只具备1V、1.018V（可微调）和0～1000 μV输出。由于坚固和不怕震动，主要用来在标准电池之间作对比传递。其内部采用恒温固态器件，稳定度为10×10^{-6}／月。这个指标尽管不高，但作为转移用途，更重要的是看其短期稳定性。惠普公司同时还生产了4个一组的产品，使得传递更有信心。由于不具备10V输出，因此被称为直流电压转移基准。

2．FLUKE 731A/B

这是FLUKE能见到的最早的固态电压基准，从1974年开始生产，外形面板上有明显模仿HP735A的痕迹，不过由于没有恒温，因此体形比较小（88mm × 107mm × 304mm）。但由于具备了10V输出，因此可以称为真正的固态电压基准。从电路上看，采用了SZA 263参考放大器，非常经典，以至于被后续FLUKE的计量仪器延续采用，很

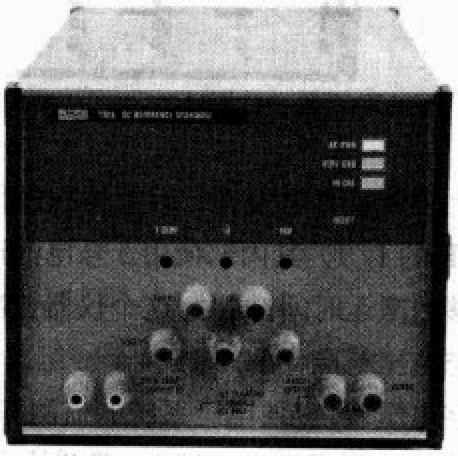


FLUKE 731A/B

了室内正常温度（10℃～30℃）、正常湿度和压力，还有就是时间不超过1年。因此，精度0.01%就意味着任何一个分量都要比0.01%来得好，比如年老化程度不超过40×10^{-6}，温度系数不超过3×10^{-6}／℃。另一个概念是，很多人认为精度越高的东西就越需要经常性的校准，也越需要更严格的使用环境。这个概念的形成来源于老式仪器，其中最重要的基准元件是线绕电阻，这是一种有一定温漂和老化系数的常用元件，材料大多用锰铜丝。而无论是低档的万用表，还是非常高档的标准电阻和电位差计，都用的是类似材料，因此老化特性和温度特性也是类似的。比如老化系数都是10×10^{-6}／年，温度系数差不多都是10×10^{-6}／℃。这样，造成低档的仪器的指标（比如1%的表）很容易达到，出厂后多少年不校准也能满足，温度范围变化大一些也不超差。而高档仪器要求到1×10^{-6}则必然需要恒温到0.1℃范围内，同时为了满足老化指标也必须经常校准。不过从现代国外计量技术的角度看，高精度的仪器都采用更好的材料，比如上述提到的超级电压基准、老化系数可以小于1×10^{-6}／年和温度系数小于0.1×10^{-6}／℃的电阻元件，这样一方面可以使仪器在常温下不需要恒温而可靠运行，另一方面也可以在标准的1年校准期间内保证指标。

少有什么改动。但是，此时FLUKE刚开始使用SZA 263，对这个器件了解的不多，10V的稳定度指标仅为30×10^{-6}/年，并不高。根据对3个不同的731B的测试，这一稳定度指标当时标定得比较保守，实际可以达到10×10^{-6}/年之内。尽管当时正规的直流计量要靠饱和电池，但小巧坚固的731B使用起来非常方便，并能直接提供10V，因此还是有一定的需求，731B一直生产到1987年才停产。

3. FLUKE 732A



FLUKE 732A

FLUKE从1981年开始设计生产732A，与上一代比，最明显的改动就是增加了恒温槽，因此增加了相应的绝热、控制部分，同时增大了耗电、采用大容量的备用电池，因此总体积大增，超过了25 000ml，是731B的9倍，纵深达到60cm。当然，性能指标也有了很大的改善，输出以10V为主，稳定性指标为6×10^{-6}/年，这已经接近很多饱和电池的水平。到了1983年美国国家标准局NBS开始提供10V校准服务，经过大约1年的对比测试，FLUKE认为自己的固态基准已经成熟，很自信地把732A的指标从6×10^{-6}/年修改到3×10^{-6}/年，并在1984年9月把自己的法定电压基准从几十个饱和电池转移到4个732A上。从这一点也可以看出，732A是很成功的。这个标准一直生产了10年，二手市场比较常见，我国曾经进口了很多732A作为省一级和大区级别的电压基准。

4. FLUKE 732B

20世纪80年代尤其是80年代后期，国际上广泛进行超导研究，统一了推荐常数，并从1990年1月1日正式使用。同时，为了比对和MAP应用，对固态基准的便携性提出更高的要求，因此1990年FLUKE设计生产了小型化的732B。与732A相比，功能和性能指标变化很少，稳定性指标提高到2×10^{-6}/年，内部采用小型化元件，使得恒温槽的体积和耗电都大为缩小，后备电池也采用1节12V/7Ah的免维护电池但后备时间反而从不到2天提高到7天，总体积缩小成732A的1/5。这是一款非常成功的固态基准，是唯一通过美国独立性验证的，直到现在仍在生产和广泛使用，我国也进口不少。另外，FLUKE还提供一个大机壳，可以把4个732B装在一起称为734A，占一个标准机架宽度。

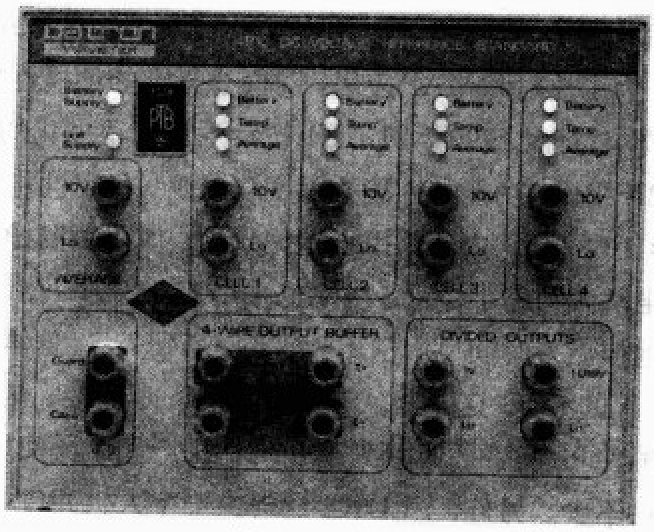
FLUKE 732B

FLUKE这样的参考放大器其实存在一个致命的弱点，就是稳定度很可能达不到指标值。事实上，参考放大器内部的7V非常稳定，但原理上用了两个比例电阻把7V变换到10V，将在很大程度上影响10V。这两个电阻采用金属壳密封的线绕电阻，温度系数很小并且配对，但线绕电阻已经做到极限了，老化特性仍然做不好。事实上，FLUKE自己著名的标准电阻742A−10k，内部也是采用4只类似的金属壳线绕电阻，指标也仅为4×10^{-6}/年，那么怎么能期待732B的老化指标比电阻的老化指标还要好呢？笔者手边就有5个732B（包括1个734A），其中2个超标严重，超过3×10^{-6}/年。但笔者采用了一种方法，把1.018V拆掉，利用其接线柱把内部的7V引出来，就可以了解这一比例的变化情况达到自校准目的，克服了因为分压电阻变化引起的老化。

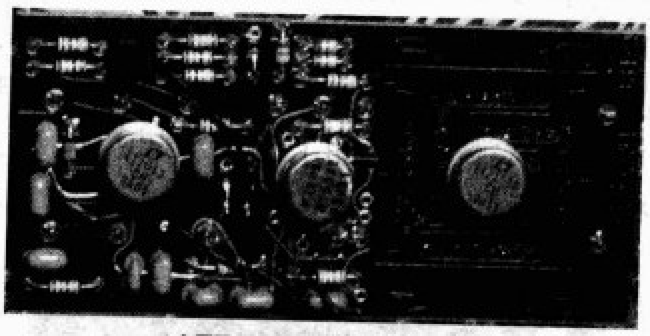
比例电阻

5. Datron 4910

这是英国老牌标准公司迪特朗（Datron）在20世纪90年代初期生产的高性能电压基准。自从线性公司开发出1×10^{-6}/年的器件LTZ1000以后，英国人进行了大量的测试发现指标属实，迪特朗公司首先把这个超级基准用在自己的4910系列中。脉宽调制（PWM）方式很好地解决了7V到10V转换的难题，从这一点可以看出英国人从来不缺乏研究与创新能力。迪特朗的做法是把LTZ1000及其外围元件做



Datron 4910

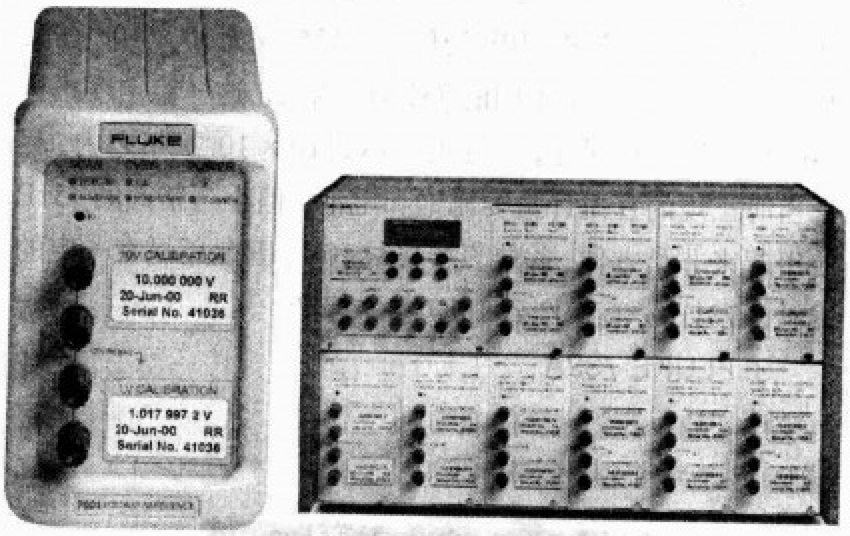


LTZ1000及其外围元件

成一个高标准的组件，不仅用于电压基准，也用于其1281万用表中，甚至FLUKE在21世纪的今天生产其8位半万用表8508A的时候仍然原封不动的采用这个基准组件。4910系列包括4910、4911和4912，其中4910是最全的配置，具备4个独立的10V基准输出、1V输出、1.018V输出、硬件平均10V输出、4线10V缓冲输出。4911不含1V和1.018V，4912只有一组10V输出，因此也不包含平均电路，但包含了1V与1.018V输出。4910的指标首次达到了1×10^{-6}，是第一款可以真正替代饱和电池的固态基准。4910系列的弱点，除了体积和复杂性以外，就是噪声稍大。原因是PWM调制的脉冲很难彻底滤掉，这种脉动对低频噪声贡献不少。另外，也正是由于PWM方式，使得电路复杂，成本很高，体积和重量都很大，一旦损坏维修也很麻烦，因此市场没有被很好地打开。20世纪80年代末期，迪特朗公司被英国的另一个老牌基准公司韦伏特克收购，4910系列继续换牌生产了10年。

6.Wavetek WU7000

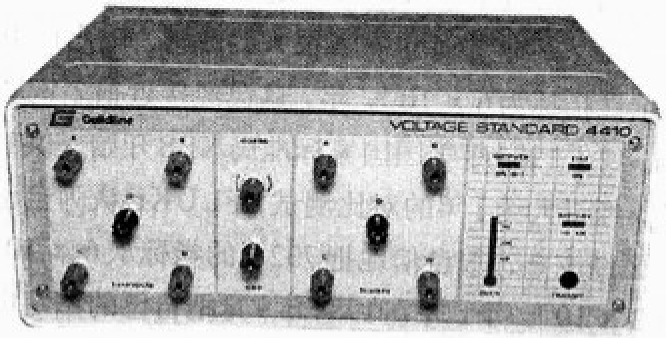
韦伏特克在1998年发表了WU7000固态基准，也是基于LTZ1000的。与以前不同的是，它采用了“统计”电阻法来实现高稳定的7V～10V的变换，即采用做在一块基板上的多个电阻相间连接进行分压，使得本来一致性就非常好的电阻经过串联并联后，进一步减少了分压差异，无论是老化和温度系数都得到了很好的匹配。同时，利用类似“消磁”技术和低温恒温方法解决了掉电关机/开机电压被冲击而造成的电压变化问题。由于LTZ1000没有必要采用板



WU7000

级恒温，加上采用了省电设计，因此体积做得非常小，是FLUKE 732B的1/9，其内部使用5号电池进行后备，并可以提供足够的搬运时间。同时，这个仪器首次把单片机和软件引入固态电压基准，可以组成4个一组或10个一组，带有扫描和数字电压表，方便电压系统的监测和维护，年稳定指标超过4910，达到了0.8×10^{-6}。遗憾的是，好景不长，韦伏特克在开发了本系统还不到两年就被FLUKE收购，此时FLUKE自己的732B如日中天，WU7000也没作为其主推产品，因此市场上并不多见。

7.Guildline 4400



Guildline 4400

加拿大高联公司也是一家非常有实力的基准公司，生产过两款大同小异的电压基准：4400和4410。其中4400为4组10V输出，4410增加了4组1.018V输出。性能指标很高，为2×10^{-6}/年。每一组10V是采用8只LM329AH进行并联。这种器件为深埋型齐纳管，并有补偿，尽管器件的稳定性指标不高（20×10^{-6}/kh），但经过老化、筛选和大量并联后，稳定性和噪音指标都有很大提高。另外，4400内部采用两节12V/7Ah的免维护电池作后备。

内部带有基准的高档万用表

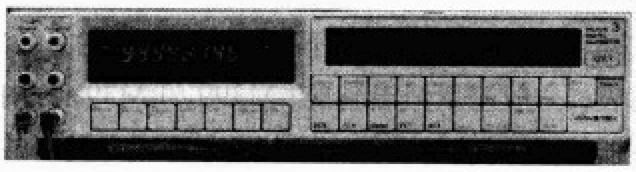
高档数字万用表在20世纪七八十年代飞速发展，下面要介绍的4款8位半万用表代表了当时和当前最高水平。

1．Solartron/ Schlumberger 7081

英国输力强/施伦伯杰 7081是最早的8位半万用表，20

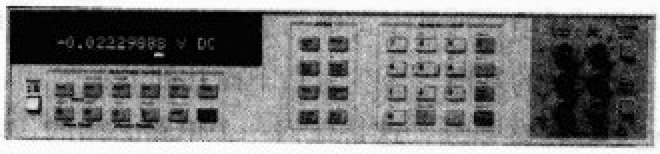
世纪80年代初期出品，内部采用1N729A温度补偿齐纳二极管作为基准。尽管没有恒温措施，但旁边放有AD590温度检测器，通过检测温度来进行电压进一步补偿。这样，该万用表最好的电压挡不确定度达到了非常高的7×10^{-6}/年。

2．Datron/Wavetek 1281



英国迪特朗1281大约从20世纪90年代初期开始生产，内部采用与4910电压基准一样的基准组件(基于LTZ1000)，再加上其他高可靠性设计，使得1281成为有史以来最稳定的8位半万用表，电压年不确定度达到3×10^{-6}。当迪特朗被Wavetek收购后只是换了标牌而已。尽管已经停产，但Fluke收购后仍然进行技术支持，二手市场上偶见。

3．HP/Agilent 3458A



惠普／安捷伦公司是美国老牌仪器公司，3458A是一款经典高性能万用表，具有可靠性高、测试速度快、噪声极低、线性度和转移特性超群的特点，自从1989年开始供应市场后，广泛被计量部门采用，现在仍在生产。3458A内部基准采用LTZ1000A为核心的组件，具有最高4×10^{-6}的年不确定度。

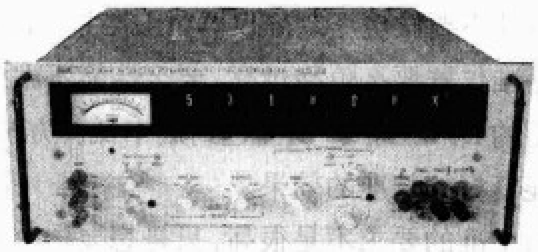
4．FLUKE 8508A

当2000年1月Wavetek被FLUKE收购后，原来的Wavetek成为FLUKE在英国的研究开发部门，投入力量对1281进行改造，于两年后推出8508A，内部元件换了很多，重新设计了主板，测量范围和功能进行了较大的扩充，但实质部分（比如基准、A/D）并没有变化。基准组件尽管贴上了FLUKE的标记，但印制电路板上仍然印着Datron。因此，基本性能也没有什么改变，甚至面板的显示和操作都是类似的。

FLUKE的几款电压校准仪

电压校准仪是比电压基准低一级的标准，可以输出各种电压，广泛用于检验各种万用表。在所有的校准仪中，FLUKE是著名的生产厂家之一，尤其是我国曾经大量进口FLUKE的校准仪，因此在社会上拥有广大用户。

1．FLUKE 335D

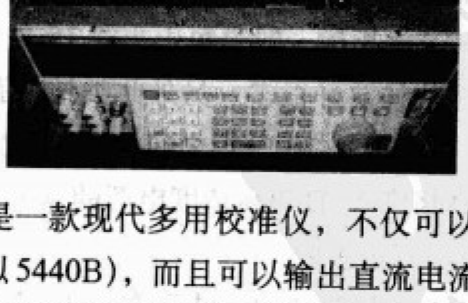


这是一款经典的校准仪，同时具有指零仪，具备差分电压表功能，可以方便地对比两个电压。具有7挡机械旋钮，输出范围分三挡，从微伏一直到1000V，不确定度为10×10^{-6}，内部基准是德州仪器生产的恒温参考放大器。

2．FLUKE 5440B

这是FLUKE推出的一款很成功的校准仪，20世纪80年代初开始生产，最大的特点就是数字式、程序化，可以通过计算机接口实现校准的自动化。另外，年老化指标非常高，达到了4×10^{-6}，至今还没有什么校准仪能够超过。内部基准用了两个SZA 263参考放大器进行串联，关键器件采用了恒温处理，具有3个恒温槽。

3.FLUKE 5720A



5720A是一款现代多用校准仪，不仅可以输出直流电压（指标类似5440B），而且可以输出直流电流、交流电压和电流，还有模拟电阻等功能，广泛用于各种高档万用表和高准确度测量设备的校准。内部基准由两组LTFLU−1参考放大器组成。

电压基准仪器DIY方案

文/张利民（BG2VO）

业余条件下要做电压基准仪器，困难往往很多，一般能够买到的基准仪器要么价格过高，要么性能不太好。笔者在本文里介绍的DIY方法，试图达到成本低、方法不太复杂而得到性能良好的基准的效果。

如果对基准的要求不是很高，只是想要一个能校准4位半的万用表的仪器，那么问题就简单多了。市场上存在很多精密基准IC，电路很简单，类似三端稳压电源，加上适当的电压，不需要作任何调整，就可以输出精确的10V，输出电阻也都非常低（一般几毫欧）。这类IC之所以可以精确地输出10V，是因为内部有电阻和运放进行变换，在生产过程中用激光修正输出，使其尽量接近10V。选购的时候要注意，一个型号往往有很多不同的后缀，代表不同精度。其中初始精度为0.1%的有REF102A/R、LT1070-1/-0、LT1013C、MAX6143B-10、MAX6167B、AD584K、AD587J、LT236B/C-10。初始精度为0.05%的有REF10、REF102B/S、MAX6143A-10、MAX6167A、LT1070-2、AD581L、AD584L、AD587L/K/U、AD588ARWZ、LT1019A-10、LT1021C-10、LT1236A-10。更高精度的也有一些：AD588JQ/AQ（0.03%）、REF102C/M（0.025%）、VRE310C/L（0.02%）、AD588BQ/KQ（0.01%）、VRE100C（0.01%）、VRE310A/J（0.01%）、VRE100CA（0.005%）。这类基准在实际生产过程中，往往调节到比标称更准确。例如笔者最近买了6只AD587KR，初始精度是5mV的，实际测试下来有4个误差在1mV之内，另外两个也不到2mV。选择IC的时候，除了注意IC表面注明的型号以外（比如AD588JQ），还要看第一个后缀，再靠后的字母表示封装。比如无论是AD587KR还是AD587KRZ，都是AD587K。此类基准的缺点是老化特性不很理想，其老化指标一般是每千小时15×10^{-6}，当然实际上这个指标往往要好很多。另外此类基准温度系数大多在$1\times10^{-6}/℃\sim10\times10^{-6}/℃$之间，也不算太高。这类基准常用于作高精度A/D和高精度电源的基准，也用在台式4位半和5位半万用表中。

从制作上看，最简单的方法是在稳压IC上直接焊上地线和电源线接到外部电源上，再焊出另外的地线和一个输出端，就可以直接得到10V，这对于偶尔一次的非正规校准工作还是非常方便的。当然，一般要加几个外围器件和微调电路做成一个小电路板，这样调节可以更准确些，适用于有校准的场合，同时也可以在老化后重新调节。下图所示电路是AD587L板，不用调整的精度为0.05%，调整的精度可以到0.01%。

在要求更高一些的场合下，比如大多数的5位半、6位半万用表，一般采用恒温基准LM399。LM399片内带有恒温加热器，4角封装的器件，其中两个脚加上足够的电压就可以在IC内部产生恒定的温度，另外两个脚是大约7V的温度补偿的齐纳二极管，温度系数达到$1\times10^{-6}/℃$之内。这个电压尽管非常稳定，但不同的器件电压差别很大，还是不太好用。

本文的余下部分将描述一下如何用市场上可以找到的最好的元件LTZ1000超级基准，制作一款7V和10V电压基准。这样的制作相对于普通的电路制作略复杂，但非常具有挑战性。笔者自制成功后，无论从哪一方面衡量，结果都比较理想，其稳定性甚至可以与商业的电压基准比拟。

一个完整的基准，至少包括下面几部分：

◆ **电源电路部分**。这是任何一个电路必须的。基准所需要的电源要求有一定的稳定度、噪声小、隔离度高、不干扰别人，有条件的话要有后备电池作掉电保护。此类电源大部分采用工频变压器线性方式，而不采用开关电源。

◆ **7V基准电路部分**。这个是整个基准的核心部分，产生原始的、稳定的7V电压。

◆ **7V—10V变换电路部分**。把非标准的、每个器件电压都不太一样的7V变成精确的、统一的10V。

◆ **输出电路部分**。主要是隔离缓冲，减少输出电阻，提

AD587L板

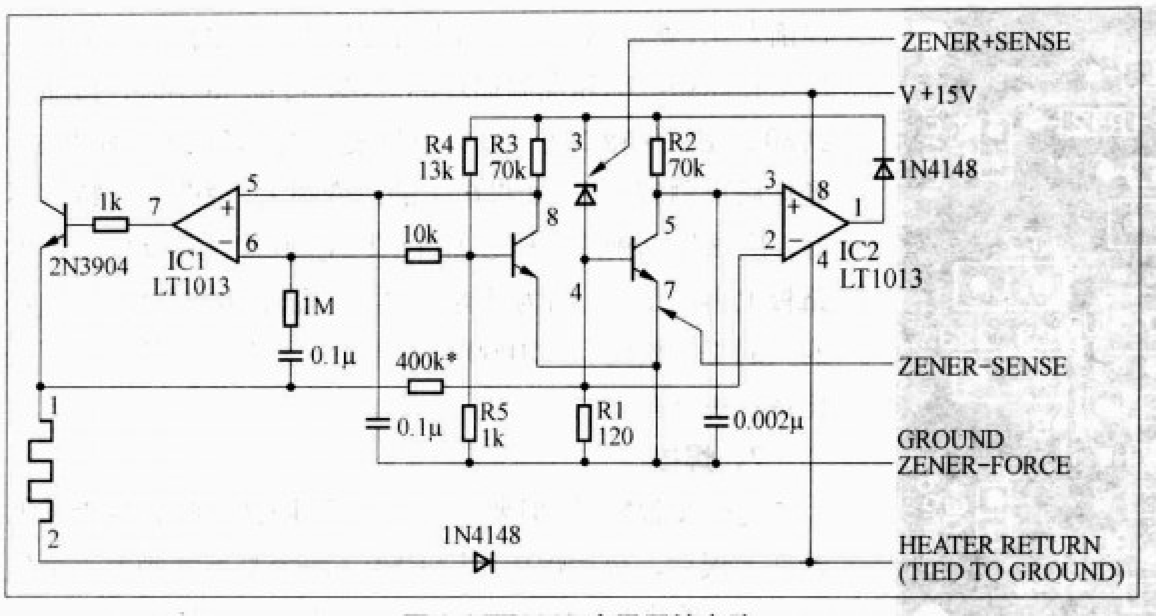


图1 LTZ1000应用原始电路

供一定的电流驱动能力，并提供各种保护（短路、过压）。

如果是多个基准组成的基准组，还需要增加：

◆ *平均电路部分*。平均电路可以进一步降低噪声，减少漂移，增加可靠性，减少不确定度。

◆ *扫描电路部分*。扫描提供了从多个基准中方便地选出一个基准进行对比测量的手段。但一般没有必要随机选择，可以按照顺序进行，所以才称为扫描电路。通过逐个基准测试，可以了解每个基准的状况（比如老化情况），当某个基准异常时也可以在平均电路中加以剔除。

1．原始电路图（见图1）

这个电路来自LTZ1000的数据手册，电路并不太复杂，一些元件是LTZ1000内部的，关键元件为R1～R5，其中R1和R4/R5最为关键，每100×10^{-6}的变化会导致输出1×10^{-6}的变化。R2和R3也比较关键，每100×10^{-6}的变化会导致输出0.3×10^{-6}和0.2×10^{-6}的变化。另外值得注意的是，7V输出电压是直接从LTZ1000的3脚和7脚的根部引出的，这样就能把因引线流过电流对输出造成的影响减小到最低。

2.电路验证

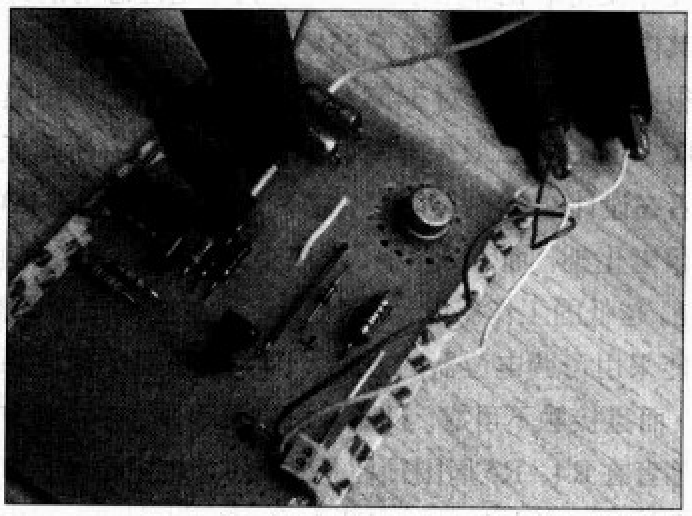


图2 对面包板上的电路进行测试

笔者先采用面包实验板，通过实际装配，测试了核心器件LTZ1000的特性，得到了核心器件在各种外界条件（环境温度、恒温温度、电源电压、绝热情况）下的稳定性等关键指标，确定了这些器件到底在什么程度上影响总稳定度。测试的结果见本期配刊光盘的本文目录。

通过测试可知，这些器件和该电路是非常优秀的，对外部电路的依赖仅仅是1/90，因此我们能够用不是很理想的外围器件做出一款优秀的基准来。

3．万能板焊接及指标测试

面包板的接触并不可靠，而且具有热电动势，也不能模拟最终焊接时的实际情况，因此指标测试这一步是必须的。通过测试，笔者发现这个电路热噪声稍大，主要是绝热不好，同时焊锡的热电动势大。因此，笔者改造了布局，同时找到了低热电动势的焊锡配方并熔炼了焊锡。通过对元器件的进一步测试，发现与LTZ1000手册上给的数据有较大出入，通过对这个在面包板上搭建的电路的复试也得到了数据的确认，能以此来指导关键元件的订制，而在不关键的地方则可以采取普通元件。

4．确定自己的电路图

从图3可以看出，笔者对原电路还是进行了改动。比如电源电压从15V降低到9V，因为实际测试9V时表现完全一样（这是因为只有运放和三极管直接用电）。由于采用较低温的恒温，加热器就不需要那么高的电压了。另外，笔者还在电路中增加了C6滤波，增加了一个补偿输出。

5．制版并订做

有了上面两步的组装测试经验，我们就可以开始制版了，笔者用Protel 99SE手工画的印制板见图4。核心器件LTZ1000的位置设计在电路板的边上，以减少别的器件对它的影响，同时也避免影响其他元件。LTZ1000周围开有

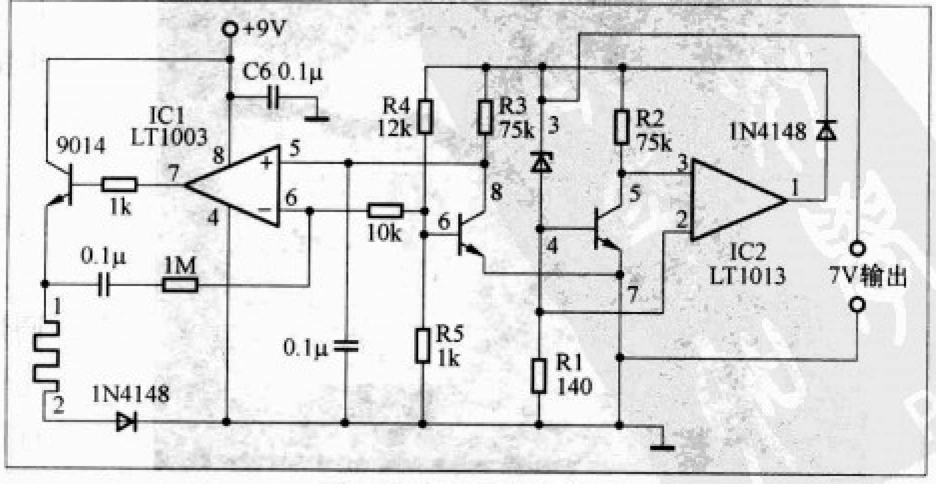


图3 笔者改动后的电路

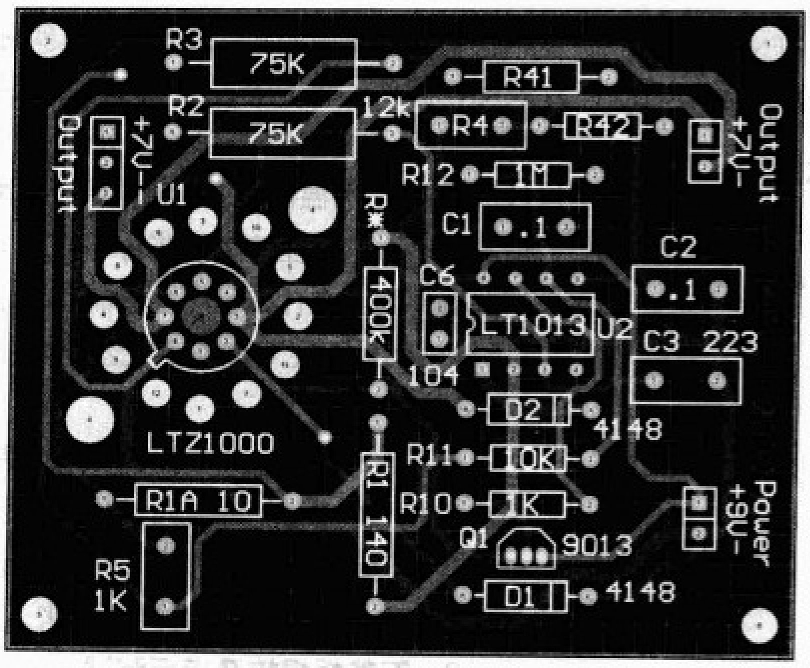


图 4 电压基准电路的 PCB

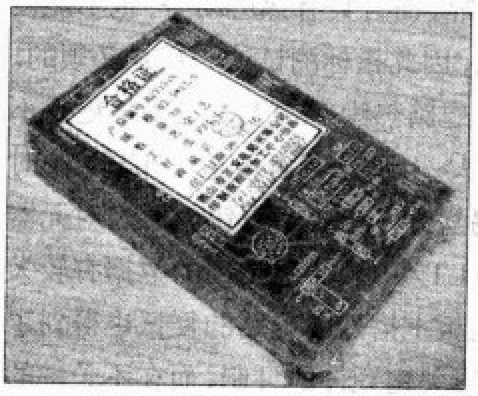


图 5 订做的 30 块 PCB

阻热孔，可以形成热孤岛，便于管脚均温。笔者还开了两个大孔，让上下绝热层得以固定。笔者找厂家做了30块板，花了140元（其中开板费60元，加工费80元）。

6. 元件的选用、老化和筛选

笔者在实际应用中，最关键元件R4/R5选用RJ711国产金属箔电阻，由于有效电阻体比较厚，因此老化小，同时温度系数也非常小。关键与比较关键的电阻选线绕电阻，不太关键的R3也选了线绕（实际完全可以选0.1%金属膜的）。

元器件都是在生产出来开始使用时老化最厉害，越用老化就越小。据说慈禧太后的清东陵所用的木料都是南方原始森林运来的，还要存放数年以上才使用的，这样建筑才不会变形，老化的过程就类似这个道理。但这种时效法（就是长时间放置）太费时间了。因此，有意地加速老化时间、

图 6 筛选元件

提前老化，就可以解决以后器件温度漂移大的问题。笔者采用了在冰箱冷冻和加温循环的方法，冷冻48小时，再加热到80℃左右保持24小时，如此反复两次。老化前先做测试，老化后再测试一次，如果电阻的改变很大，说明老化特性不好，应该加以剔除。核心器件LTZ1000就只能直接装到电路板上再测试了，因为其老化太小，短时间测试不出来。若购买的是拆机的LTZ1000的老器件，只要是好的，反而老化特性更好些。

7. 焊接

这一步很容易，但要本着先易后难的原则，在检查其他器件无误后，最后焊接LTZ1000。超级基准管脚要不留任何余量，紧贴电路板，这样才能让热传导的途径最短，减少可能的热电动势。图7为焊接好元件的电路板。

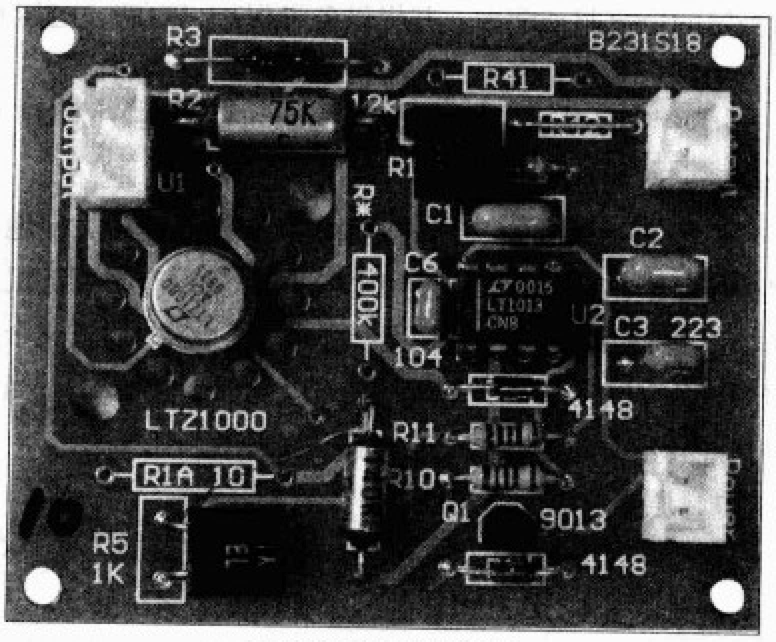


图 7 焊接好的电路板

8. 调整

最关键的调整就是改变R4/R5的分压比，以便得到指定的芯片工作温度。由于芯片采用加温恒温措施，因此必须让芯片内部温度比可能的最高环境温度要高才能恒温。另一方面，恒温温度不适合选择太高。很多文献记载，温度每提高10℃，老化将加倍。WU7000系列采用了非常低的45℃芯片温度才使得老化非常小。3458A为了适应恶劣的外部环境，其内部工作温度选择了85℃～90℃实属无奈，余量也留得很大，因此笔者对3458A已经进行了改造，把温度降了20℃，经过测试效果非常好，而且噪声也有所降低。

笔者在设计这个电路时，目标芯片工作温度不超过45℃，这样不仅老化小，而且功耗小，发热小，对外围元件影响也小。但是，越低的工作温度，余量也小，就越需要精确调整。调整不能采用可调电位器的方式，因为电位器的温度系数比较大，而且接触不可靠。只能采用电阻串联、并联的方式进行，笔者在R4、R5周围预留了3个附加电阻位置。事实上，只要并联电阻大10倍、串联电阻在1/10以下，对电阻

的要求就降低10倍。绝大多数调整都在1%以内，因此该电路对附加电阻的要求很低，只要是金属膜电阻就可以。通过测试总电流，可以换算得到内部工作温度。笔者选择了比较低的芯片内部工作温度：43℃，此时$R4$=11.6kΩ。如果选择$R4$=12kΩ，则内部为48℃；而选择$R4$=12.5kΩ，则内部温度为55℃；Linear典型电路上$R4$=13kΩ，则内部温度为65℃。由于LTZ1000A内部有绝热措施，因此芯片温度比环境温度高10℃，所以，当内部为48℃时可以适应最高38℃的外部环境。

9. 噪声测试

首先进行噪声和短期稳定性测试。下面是一组用3458A的测量结果，测量对象选择了常见的几种从差到好的电压源，可以看到，几个电源基本上是10倍的差别。

SS-330W，Daiwa开关电源，4~15V、30A，10000 × 10^{-6}级别（1%）；

VC3050DW，胜利实验电源，0~30V、0~5A，1000 × 10^{-6}级别（0.1%）；

ZZDM，东明电子邮购稳压电路板，15V输入二次稳压，100 × 10^{-6}级别（0.01%）；

IT6122，ITECH 高稳定度精密程控电源，0~32V、0~3A，10 × 10^{-6}级别；

LTZ1000，自装电压基准，0.5 × 10^{-6}级别。

电源不稳定的原因可能有多种，比如电源电压变动、电路原因、干扰和噪声、基准不稳定、负载变化、热+温度变化等。笔者用8位半的万用表对上述电源进行了测量，测量结果见图8，具体数据列表见本期配刊光盘，电源的好坏一看便知。

这里有个小的笑话，说某人用了一下6位半的万用表后，发现后面两位数字总在跳动，每次测试的结果都不一样，因此认为表不好，还不如用4位半的呢。其实，这种的不稳定主要是被测电压源造成的。即便你测试电池，那么由于用手拿住电池对电池加热，由此引起的电池电压变动也足以让高精度的万用表的后两位变动不停。通过这个测试可以看到，LTZ1000的读数很稳定，也让我们对LTZ1000的性能有了更进一步的信心。事实上，后来笔者对LTZ1000的完整电路进行测试时发现，读数最末一位也几乎是不变的。此处的变化主要是温度变化引起的。

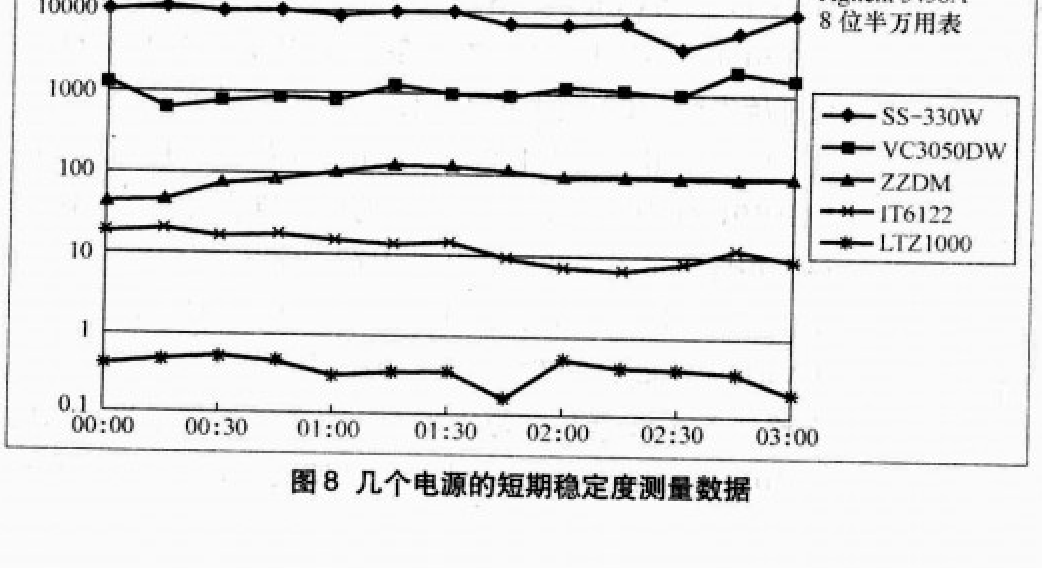


图8 几个电源的短期稳定度测量数据

10. 关键电阻对输出的影响

由于器件LTZ1000外围设计的合理性，使得它对电阻的依赖性大大减少，用不太高级的电阻就可以达到非常高的稳定程度。根据原厂家的说明，这种对外围器件的依赖性至少降低到1/100，也就是说，任何一个电阻100 × 10^{-6}的变化，对输出的影响都在1 × 10^{-6}之内。

由于厂家对R1、R4、R5做了这样的说明，因此Agilent采纳了厂家的建议，把这3个电阻选择成Vishay合金箔，使得温度系数和稳定性非常高。但是，厂家对R2的影响估计不足，其实0.3 × 10^{-6}的变化不算太小，被Agilent所忽略，但根据笔者的实际测量，其影响是在0.4 × 10^{-6}，因此R2选择了线绕电阻。尽管R1的影响不是很大，但笔者还是选择了线绕电阻。这些线绕电阻都是特别订做并要求温度系数小于10 × 10^{-6}/℃的，实际测量在5 × 10^{-6}/℃左右。另外，R3的变化对输出电压的影响非常小，因此采用了0.1%的金属膜电阻。可以看出，这样选择元件后，即便温度变化了10℃，对最终输出的影响也不大于1 × 10^{-6}。金属箔电阻的老化都在0.01%每年之内（Vishay的每年为0.0025%），因此关键电阻老化的影响也不超过1 × 10^{-6}。各电阻变化后的影响数据见本期配刊光盘的本文目录。

11. 制作平均电路

为克服输出电压微小的波动，还可将多个精密电压基准源并联，得到它们的平均值。比如可以把4个相同的基准进行并联平均。可以很容易地看到，平均后任何一个基准的变动或波动，对整体的影响是1/4。噪声和无序的不确定性减少成1/2。如果采用9个进行平均，则噪声和无序的不确定性就减少成1/3。

平均电路如图9所示，采用4个相同阻值的电阻直接进行并联，运放+输入点电压就是平均值。用合适的运放接成跟随器，就可以得到缓冲后的电压。但一般这样的基准是7V左右，为了得到常用的10V，需再经过R5/R6升压。选择V1到V4使得输出尽量相等（差别在20mV之内），这样即便平均电阻（R1~R4）用得小一些（比如500Ω）也不会使得内部电流太大

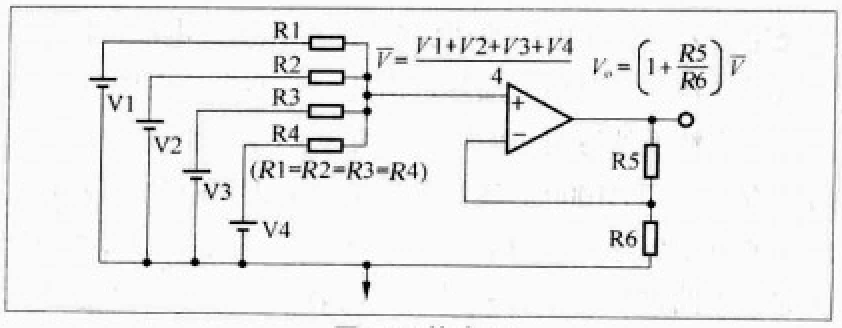


图9 平均电路

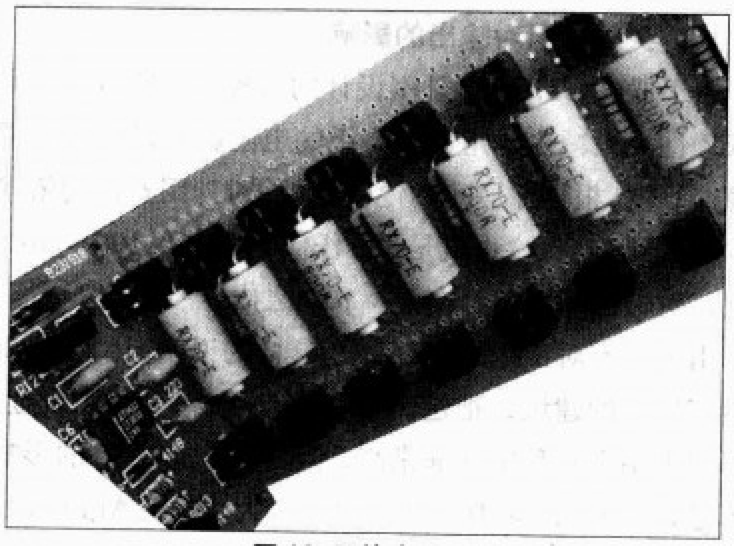


图10 平均电阻

(20μA之内)。

笔者在实际制作时，挑选了10个差别在20mV之内的基准，平均电阻选的正是500Ω（见图10），内部互相电流<20μA。平均时不仅对正电压进行平均，而且对接地端也采用了平均，以便克服接触电阻的影响。测出的电压分布见图11。

12. 制作7V到10V转换板

这一部分是至关重要的。事实上，7V基准已经足够稳定，但转10V的环节是最薄弱的，这也是所有商业基准稳定性指标最重要的组成部分。国内很多计量单位制作过10V基准，往往老化指标不符合要求，关键在于7V到10V转换部分没有做好。7V到10V转换除了采用复杂的PWM方式外，最常见的还是电阻+运放的方式。转换有两个关键点，

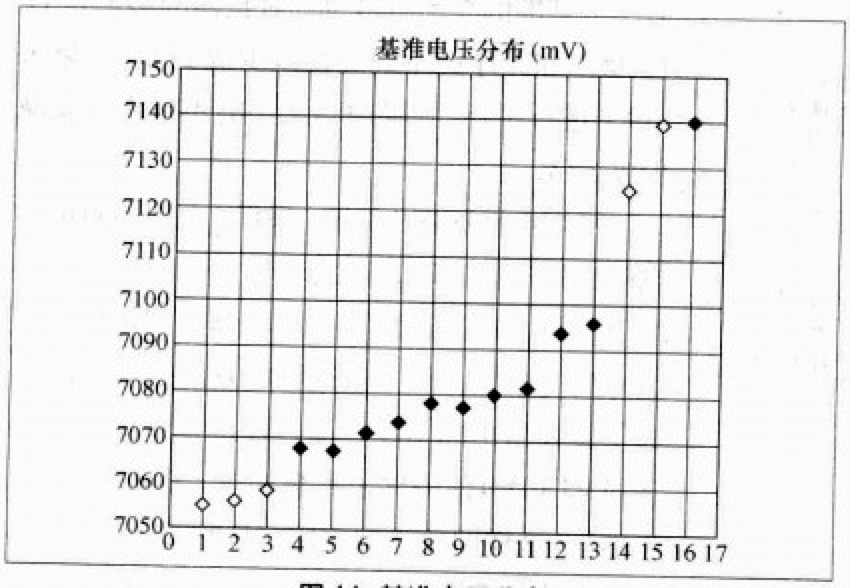


图11 基准电压分布

一个是运放的选择，另一个是分压电阻的选择。前者要注意选择低温漂（失调电压V_{os}很小并具有小的温度系数）、高稳定（V_{os}老化小）、小偏流（I_b）和低噪声的，通常选择AD707、AD708、LT1012、OP177等高精度运放即可解决，因此性能指标关键是看两个分压电阻。通过简单的分析或模拟计算可以得知，任何一个电阻变化了100×10^{-6}，都会引起最终电压30×10^{-6}的变化。现在国内能买到的电阻最好的也就是100×10^{-6}(0.01%)，因此最后的输出不好也就不奇怪了。也有人建议笔者采用相同的电阻，多并联串联几个，这就是统计电阻法；还有人采用从同一个线轴上自己制作分压电阻，但由于制作过程不可能一样，最好的情况也就能期待达到10×10^{-6}，从而会引起最终电压3×10^{-6}的变化。事实上，由于制作的不理想以及其他方面的因素，爱好者自己用国产电阻做成的10V基准，往往只能做到5×10^{-6}的极限了。笔者在这里采用了3个措施，突破了这个极限：

A．没有采用商品基准那样先转换后平均的方法，而是先平均后转换。各7V平均后将得到非常稳定的7V，然后可以集中力量制作一个良好的转换电路。

B．转换电路透明化、公开化。商业的10V基准是把7V深藏在内部，从外部根本不知道有7V这一电压，因此内部到底哪个环节出了问题都不清楚。笔者让7V基准的环节公开受外部监测／扫描，然后同时测量10V，就可以了解这一比例的变化情况。实际操作时，是利用线性度指标达0.1×10^{-6}的3458A万用表进行比对（分别测量7V和10V就得到了转换比例），这一比对不依赖于万用表的绝对误差和长期稳定性，而是一个10分钟的线性度和转移特性指标。3458A在这一点做得最好，其指标远超过其他的8位半万用表（比如FLUKE 8508A在10V下，这一指标是0.32×10^{-6}）。假设通过对这一比例的监测发现有了变化，无论是什么原因，都可以通过微调加以纠正。即便不纠正，也完全可以作为一个改正量在测试校准的时候加以修正。换句话说，这样的7V到10V转换具有完全的自校准特性。通过自校准，使得7V到10V转换的不确定度达到0.2×10^{-6}。当然，如果没有3458A，可以用FLUKE 720A KVD分压器，这是另外一个指标达到0.1×10^{-6}的设备，FLUKE从20世纪60年代开始生产720A到现在还没停产。

C．采用了成本很高的Vishay金属壳密封的块电阻VHP101和VH102Z，年稳定性的典型值达到了2×10^{-6}，这一指标超过了国产标准电阻 BZ3/BZ3C的5倍。实际测试下来，VHP101的老化指标很保守，很难测量出来，以至于Vishay在最近生产的 VHP202Z系列中首次给出了10年不超过2ppm老化的惊人指标。另外，运放采用金封的LT1012C，因此综合指标很高，即便较长时间不进行自校

准，也能保持转换电路的稳定性。

13．制作开关扫描板

开关扫描板的作用是在多个电压基准的情况下，可以选择某个基准作为输出，以便进行测试和比对。开关选择了PhotoMos管，具有开路电阻几乎为无穷、短路只有不到1Ω纯阻的较为理想的特性。由于只有一个开关板，因此笔者采用了万能板。用了两个管脚输出没规律的CD4017，因此布线有交叉。这样，试验起来从外部按按钮就可以测试所有的项目，包括10个内部基准、电压的平均值、内部温度、外部3个基准。扫描板应高密度地装到平均板的下面。

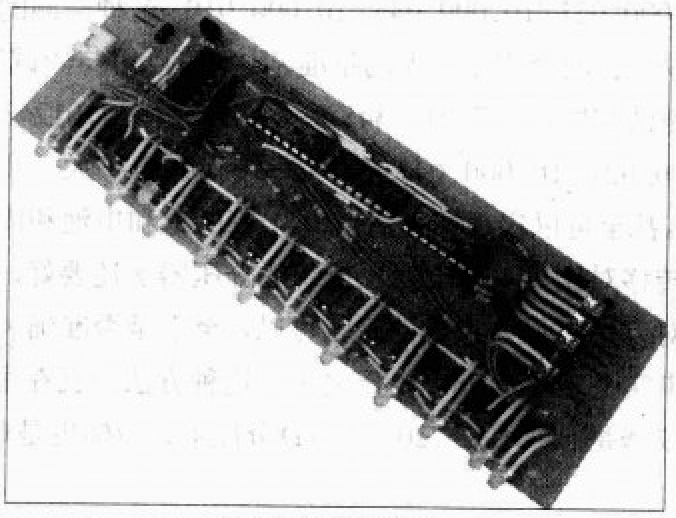


图12 开关扫描仪

14．安装统一调试

先把平均板与扫描板焊接起来，通电检查各项功能是否正常。然后再把10个基准板像暖气片一样插在平均板上，最后检查平均输出和扫描输出的正确性，见图13。

15．装盒测试

笔者找了一个大小合适的塑料盒子做外壳。为了屏蔽，内部采用铜箔作衬里，将各铜箔之间焊接起来。端部设置电源插口、扫描触发输入插口、7V 扫描输出插口和10V 输出插口，外加一个屏蔽地和一个外部基准输入插口，见图14。

16．测试结果和未来计划

笔者DIY的这套系统自2006年11月份安装以来一直通电测试，至今已有1年半时间。测试结果是比较理想的，除了有一个基准因为电阻开路、另一个基准因为温度设置过低出现两次故障外，运行正常。经过内部之间的对比，以及与外部基准的比对，这10个基准有一半的年稳定度达到了1×10^{-6}，另外一半也都在3×10^{-6}之内。平均后的整体稳定性更是在每年

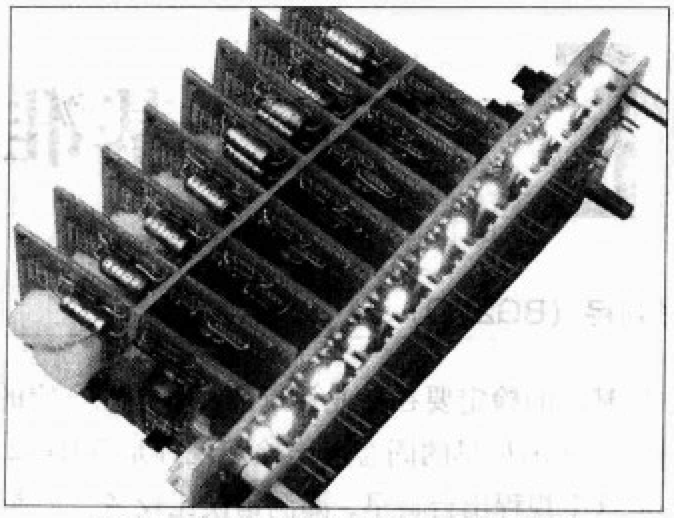


图13 “暖气片”式的安装基准电路板

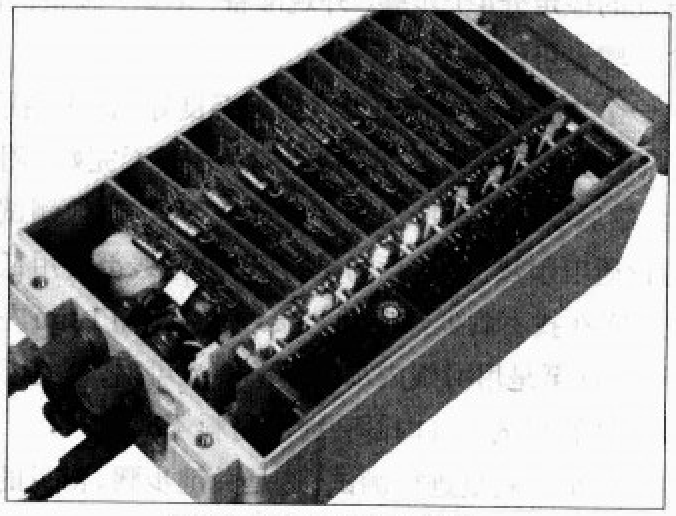


图14 装入盒内进行测试

0.5×10^{-6}左右，另外，温度稳定性和噪声都达到了比较理想的水平，与FLUKE 732B/734A相比毫不逊色。下一步，笔者计划采用厚铝外壳，重新制作平均电路和7V到10V转换电路，装入经过测试的基准板，提供7V和10V基准。而其中带有扫描的部分，将重新装入新的基准，进行下一轮的考核。

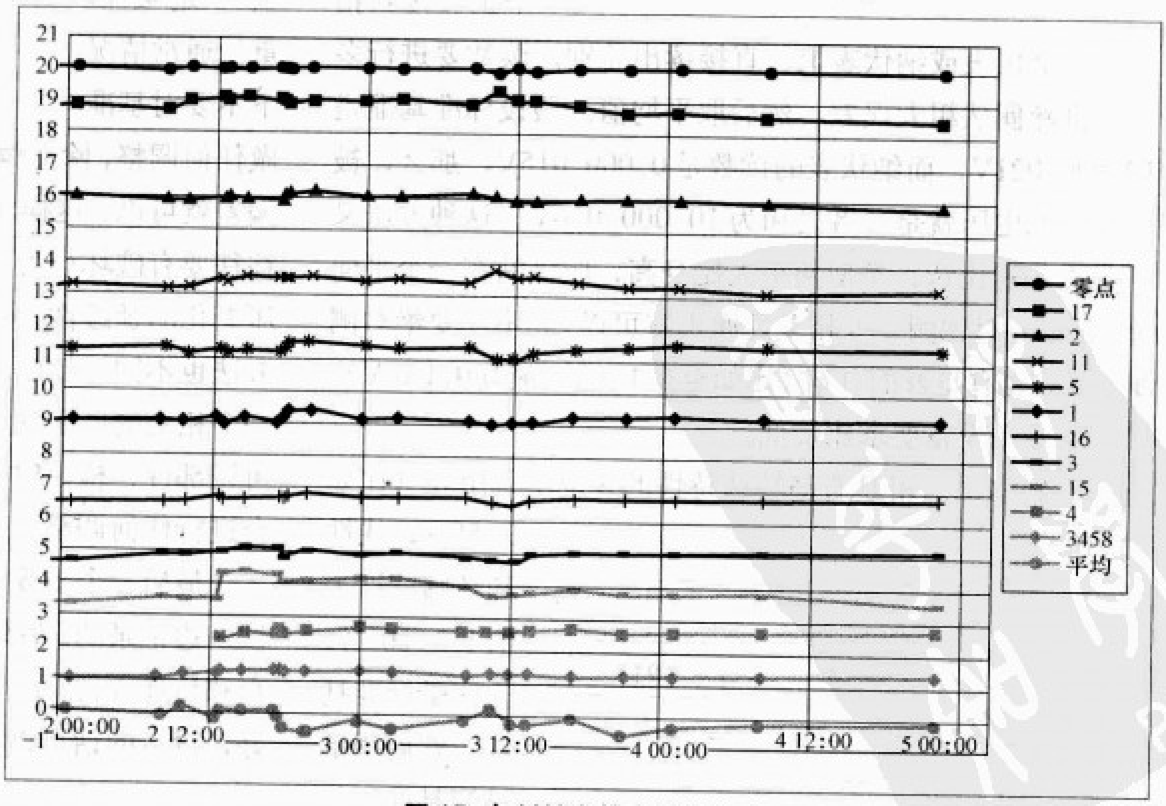


图15 自制基准的内外部比对

电压基准的校准与检定

文/张利民（BG2VO）

电压基准的检定要在专业计量部门，按照一定的检定规程进行。我国最早的固态电压检定规程是GJB 2212-1994，但这个规程出台很早，漏洞错误比较多。大体上看，电压基准的检定分4个步骤：外观准备、测试、调整、记录。后两个步骤也可以认为是校准。

第一个步骤，要查看外观结构是否良好，面板指示、厂家型号、电压频率标志、仪器旋钮接线柱是否完好，附件是否齐全。然后要放置在特定的检定环境下，与其他测试设备一起进行通电预热。要注意的是，所有的接线都要用低热电动势的。实在找不到低热电动势接线，可以用1mm左右的纯铜导线，甚至是用网线内部的单芯线也可以，就是不能采用一般商品的测试线（内部和镀层材料不明）。

第二个步骤就是进行测试，这是关键步骤。常见的测试分成以下几种：

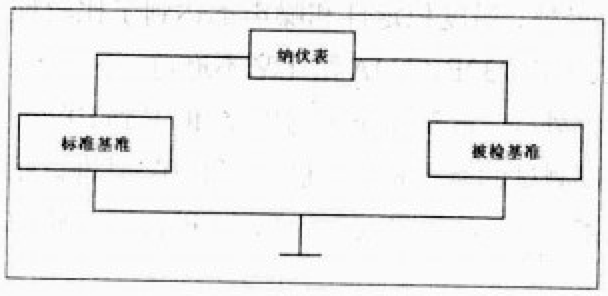


图1

1．对比法。标准基准和被检基准具有相同的标称电压，把负极接到一起，两个正极接到指零仪、毫伏表或纳伏表上，直接读出差别。读数要进行多次，排除偶然粗大误差，然后取平均值。假设标准基准是10.000 021V，而纳伏表的读数是0.000 015V，那么，被测基准的电压就是二者之和为10.000 036V。这种方法又叫背靠背对比法，类似两个人比身高，应该站在一个平面上，只需要对比两个人相差几厘米就可以，并不需要绝对测量，只需要有足够的分辨（比如至少1μV，最好0.1μV），因此对测量设备要求比较低。

2.转移法。用具有高转移特性的8位半万用表（比如3458A，线性和转移特性为0.1×10⁻⁶），先测量标准基准，然后测量被测基准。仍然是反复多次取平均值。假设标准基准是10.000 021V，万用表测试读数是10.000 043V，而测试被检基准读数是10.000 032V，那么就可以认为被检基准就是10.000 032×10.000 021/10.000 043=10.000 010。这种检测的好处是可以对比两个相差很大的基准，比如可以用与测试7V基准，测试结果若为7.012 345V，则实际值为7.012 345×10.000 021/10.000 043=7.012 330V。再扩大一步，用3458A甚至可以实现标称值1.018 6V的饱和电池和固态基准的转移对比，不确定度比传统的分压器法还要好。这种方法对万用表只要求线性好就可以，至于是否准确关系不大。事实上，在3458A出现之前，这种方法一直在用，采用的仪器是FLUKE 720A KVD分压器，指标也是0.1×10^{-6}。

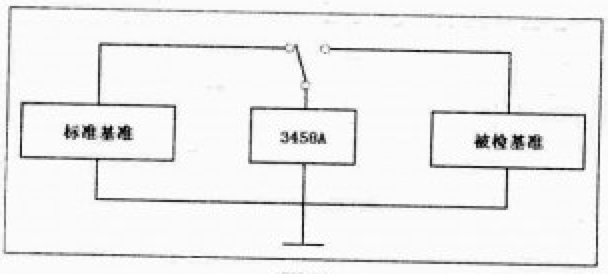


图2

3.用约瑟夫森电压基准法。由于约瑟夫森电压基准可以认为没有误差，并可以很方便地通过调节微波频率改变电压，因此可以直接通过频率读出被测基准的电压值。

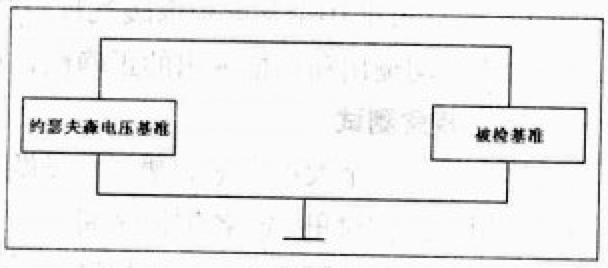


图3

第三个步骤就是要对被检定基准进行调整。这一步骤一定要慎重！通常情况下不要对基准做任何调整，除非偏离很大，或者因故障修理后。只要记录偏差就可以，这样才能积累历史。因为，一旦进行了调整，往往要有破坏行为，即便调整回来也不能恢复，也丢失了电压老化的延续性。另外，不同厂家不同型号的电压基准调整方法也不同，有的干脆不提供调整（比如Guildline 4400）。一个相关的例子就是高等级的砝码（质量标准），没有任何可调部件，检定时也都是累计记录偏离量/校正值，而不会进行任何调整。

最后一个步骤就是做好记录。当然，很多记录是一边测试一边记录的。另外，现在往往用计算机进行记录，不仅保存和传递方便，更主要的是计算容易。如果有专用的软件最好，没有的话可以采用Excel电子表格进行。

二手万用表选购指南（上）

文/聆 听

万用表是无线电爱好者最常用的测量仪器，因为其主要功能是电压、电流、电阻的测量，所以也被称为“三用表”或“多用表”。随着科技的发展，常规精度的万用表制造技术已经非常成熟，市面上廉价万用表比比皆是，50元左右即可买到全新的且性能不错的指针表或数字表，完全可以满足一般无线电维修和制作的需要。二手万用表的选购主要针对一些中高档或者有收藏、把玩意义的万用表，已不仅限于普通的实用。

图1 二手万用表

常用的万用表可以分为三大类：指针表、手持数字表、台式数字表，此外还有一些特殊用途的表，如钳表等。很多朋友选购二手万用表都希望能花费有限的资金去获得一块高性能的万用表，尽管现在市场上几十元的廉价万用表品牌型号众多举不胜举，但真正高性能的万用表依然价格不菲，令很多无线电爱好者望而却步，只能到二手市场来寻觅芳踪。比如在正规仪器店里FLUKE的189表动辄就要4000元以上，相当于买100多块廉价万用表的价格。

何谓“高性能”万用表？

通常很多人都认为“高性能”万用表就是高精度表，其实除了高精度外还应该包括功能、实现技术、制造工艺及扩展，如量程、测量原理、带宽、数字表的测量速度、输入阻抗、安全认证等级、附加功能、数据采集/存储等指标。

如何才是高精度万用表呢？一般来说主要包括准确度和分辨率两个指标。准确度就是测量值与真实值之间存在的误差，误差越小测量值越接近真实值则被认为测量准确度越高。按照国家标准GB776－76《测量指示仪表通用技术条件》的规定，电工仪表的准确度等级分为七级（见附表）。

附表

准确度等级	0.1	0.2	0.5	1.0	1.5	2.5	5
误差 (%)	0.1	0.2	0.5	1.0	1.5	2.5	5

误差：当然是误差越小越好。需要说明的是如果仪表的准确度等级定为n级，则说明该仪表最大引用误差不会超过n%，而不应认为它在各刻度点上的示值误差都具有n%的误差。作为万用表通常直流精度和交流精度是不同的，而且交流精度随着测试信号的频率不断上升而逐渐劣化。精度指标在不同类型的万用表上有不同的标示方式，对于机械指针表一般直接标在表盘的右下侧，而数字表则会在其说明书技术指标中给出。机械指针表直接用数字加符号表明准确度等级。图2说明此款万用表具有直流1.0级和交流1.5级的准确度。如果用一台准确度标为直流1.0级、交流1.5级的指针万用表测量出某直流电压读数为10V，那么该电压真实值最大可能范围为9.9V～10.1V（不考虑人为读数引入的误差）。对于数字表，准确度通常采用“读数误差＋数字误差”来表示，如某高档50000字显示的数字万用表标称直流电压准确度为“0.025%+5个字”，那么当测量到一个读数为10.000V的直流电压，该电压真实值最大可能范围为9.993V～10.008V。目前国产优秀的指针万用表可以达到的准确度为直流1.0级和交流1.5级，普通指针万用表准确度为直流2.5级和交流5.0级，更高准确度的指针表通常为专用单项测试表。高级的手持数字表可以达到的准确度直流一般为0.025%和交流0.4%。数字万用表中高显示位数也要搭配高准确度，否则显示位数再多也没有实际意义。

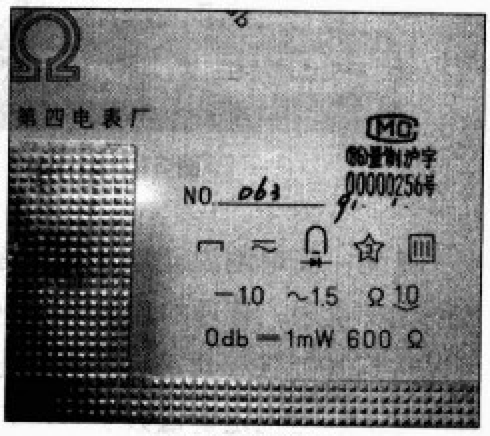


图2 误差等级

分辨力：表示仪表对微弱信号反应能力的指标，主要由仪表显示位数决定，与测量准确度无直接关系。比如一台50000字显示的数字万用表，其最小电压挡为50.000mV，那么它的最大分辨率为0.001mV，当然该表在其他高挡位上无法显示精确到如此小的电压值单位。

量程：指仪表测试的范围，比如电压最高测到1000V，电流最大测到20A。理论上量程越大越好，但很多厂家并不一味追求过大的量程。对于指针表越高档的表一般可选的量程也越多。一些数字表还具备自动量程选择，可自动选择最佳量程。

交流测量原理：数字表常用的交流有效值测量方法有两种，平均整流测量和真有效值测量。前一种方法成本比较低，主要适应正弦波的测量，遇到非正弦波如方波时，读数就会偏大。后一种方法虽然实现相对复杂，但对各种波形的测量比较准确，绝大部分高档万用表都采用真有效值测量方式，采用真有效值测量方式的万用表通常都会在表上标注“Ture-RMS”字样，这已经成为数字万用表档次的一种标志。

图3 True-RMS字样

带宽：简单地说就是万用表有效准确测量交流信号参数的频率上限。普通的表通常在500Hz左右，而高档的表可以达到100kHz。再高频率的信号就需要使用高频毫伏表去测量了。这也是衡量数字万用表档次的重要指标之一。

数字表的测量速度：通常主要表现为数字万用表的响应速度，即开始测量到稳定读数的时间，这也反映出万用表处理器对数据的处理能力。高档数字表都具有非常快的响应速度。这里需要注意测量响应速度与万用表屏幕刷新速度的区别。

输入阻抗：要求电压测量时要大的阻抗，测量电流时要尽量小的阻抗。这都是为了在万用表并联测电压和串联测电流时尽量减少对电路的影响从而影响测量数值。

安全认证等级：万用表通过的安全方面的认证。有过压保护类别EN 61010-1（IEC 1010-1）CAT III 1000V/CAT IV 600V 和安全认证CSA、UL、VDE，防暴认证。通过认证越多的仪表，使用安全性也越高。通常通过防暴认证的产品身价会大增。

附加功能：电容测量、频率测量、温度测量、三极管测量、最大最小值保持平均值等，可以达到一表多用和方便数据采集。

数据采集/存储：有的万用表具有数据接口可以与电脑连接，借助电脑完成对测量值的存储，甚至形成波形图。有的万用表自身具备存储功能可以记录相当的数据，待以后调用。

万用表显示位数与测量结果

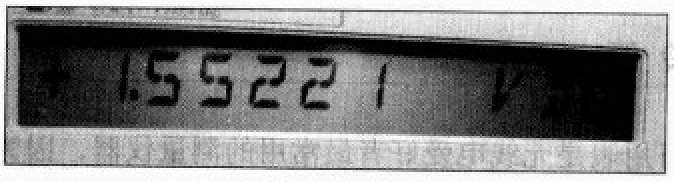


图4 显示位数

对于数字万用表大家通常首先关心的是其显示位数，上面已经说过仪表显示位数决定分辨力。

常见的规格有3 1/2位（1000字显示）、3 3/4位（4000字显示）、3 5/6位（6000字显示）、4 1/2位（10000字显示）、4 4/5位（50000字显示）等。很多时候一些人对于3 1/2位、3 3/4位、3 5/6位的表都不规范地“统称”三位半表，这其实埋没了一些表的性能。这些不同显示范围的万用表在实际工作中有何差异，我们来做如下比较。

测量1节9V叠层电池，真实电压为9.123456V。

	3 1/2位	3 3/4位	3 5/6位	4 1/2	4 4/5位
显示数字	9.12	9.12	9.12	9.123	9.123

测量1节充满18650单体锂电池，真实电压为4.223456V。

	3 1/2位	3 3/4位	3 5/6位	4 1/2	4 4/5位
显示数字	4.22	4.22	4.223	4.223	4.2235

测量1节未充满18650单体锂电池，真实电压为3.623456V。

	3 1/2位	3 3/4位	3 5/6位	4 1/2	4 4/5位
显示数字	3.62	3.623	3.623	3.623	3.6235

测量1节碱性AA电池，真实电压为1.523456V。

	3 1/2位	3 3/4位	3 5/6位	4 1/2	4 4/5位
显示数字	1.523	1.523	1.523	1.5235	1.5235

通过上述比较，大家可以看出高显位数的万用表在某些情况下的优势，可以使用较小的量程显示更高的分辨力，在某些情况下低一级显示能力的仪表和高一级显示能力的仪表显示效果是一样的。我们选购万用表在价格允许和保证准确度的情况下尽量选位数多的表。需要提醒大家的是万用表高显示位数只是提供更高的分辨能力，通常较多位数的万用表其稳定性指标亦会较高，从而保证仪表的校准精度。对于普通的维修制作工作来说，过于精确的读数并没有太大的实际意义，比如测量220V市电，一般用3 1/2位表提供1V的分辨率就够用了，如果采用3 3/4位以上的万用表提供0.1V分辨率已经很精细了，如果用7 1/2位的表去测量得到带4位小数的结果220.1234V意义并不大。Ⓦ

无形的生活助手——超声波

文/徐 玮

超声波是指振动频率大于20kHz以上的，人在自然环境下无法听到和感受到的声波。声波是物体机械振动状态（或能量）的传播形式。所谓振动是指物质的质点在其平衡位置附近进行的往返运动。譬如，鼓面经敲击后，它就上下振动，这种振动状态通过空气媒质向四面八方传播，这便是声波。超声技术是以物理、电子、机械及材料学为基础的通用技术之一，它通过超声波产生、传播及接收的物理过程而完成的。超声波具有聚束、定向及反射、透射等特性。超声波的特点有：在传播时，方向性强，能量易于集中；能在各种不同媒质中传播，且可传播足够远的距离；超声波与传声媒质的相互作用适中，易于携带有关传声媒质状态的信息。超声波的实际应用场合有：超声波测距、超声波加湿器、超声波洗衣机、超声波洗碗机、高速测定仪等。图1所示为目前最为流行的超声波倒车雷达，图中的4个超声波探头分别安置在汽车尾部，用来探测车尾离障碍物的距离，如果你仔细地注意一下现在家用轿车的尾部，就可以知道原来它就是超声波探头了。

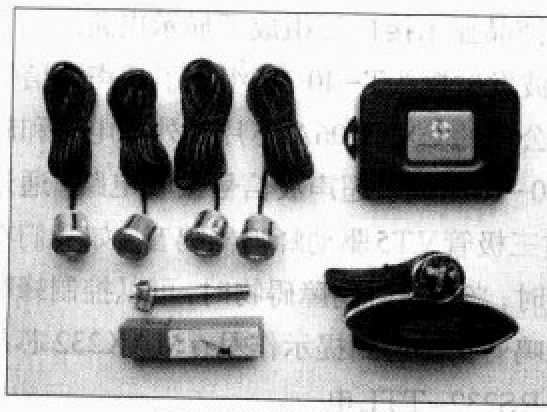


图1 超声波倒车雷达

图2 超声波加湿器

图2所示为超声波加湿器，其优点是加湿强度大、加湿均匀、加湿效率高；节能、省电，耗电仅为电热加湿器的1/10至1/15；使用寿命长，湿度自动平衡，无水自动保护；兼具医疗雾化、冷敷浴面、清洗首饰等功能。

图3所示的超声波洗衣机是在洗衣机内部装有超声波高频振荡器，应用超声波原理，产生高频振荡波，使水流及衣物间产生大量微小气泡，利用气泡破裂时产生的气压冲击波，使污垢与衣物彻底分离，自动完成洗涤工作，可不用或少用洗涤剂，减少环境污染，节约水资源，洗涤效果很好。衣物不必大幅度移动，故不易缠绕，并减小摩擦和磨损，耗电量较小，延长了洗衣机及相关部件的使用寿命。

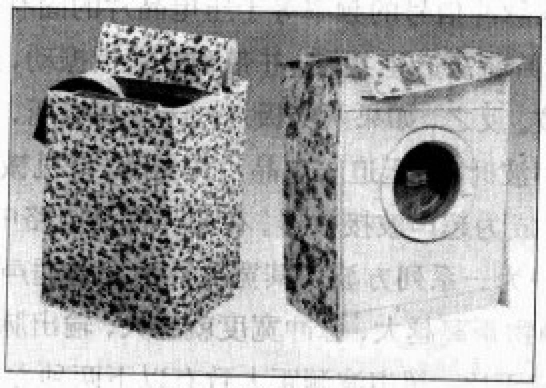


图3 超声波洗衣机

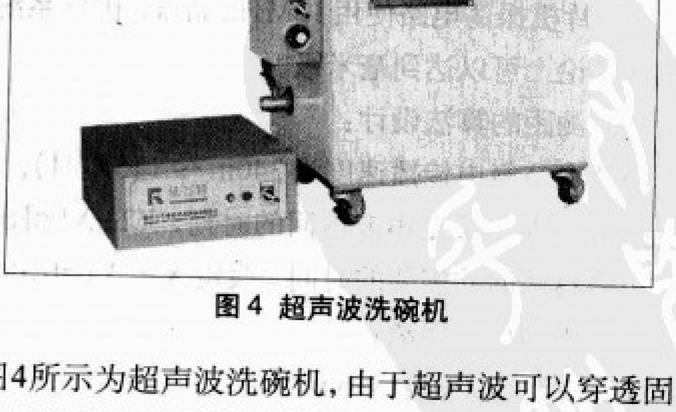
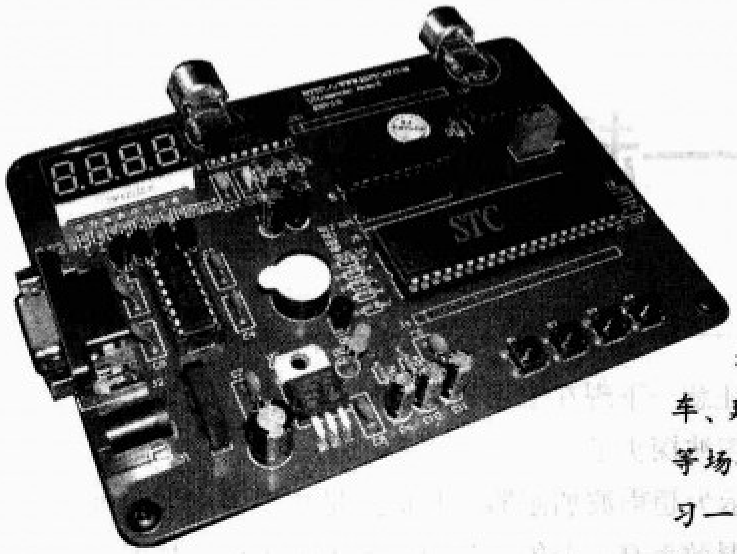


图4 超声波洗碗机

图4所示为超声波洗碗机，由于超声波可以穿透固体物质而使整个液体介质振动并产生空化气泡，因此这种清洗方式不存在清洁死角，而且业内证明超声波清洗的洁净度更高。



一款基于51单片机的超声波学习板

文/徐 玮

超声波技术在日常生活中有着广泛的应用。超声波测距，多应用于汽车倒车、建筑工地以及一些工业现场的位置监控以及液位、井深、管道长度的测量等场合。在本文中，我们将介绍一款基于51单片机控制的超声波学习板，学习一下超声波技术的原理知识与应用方法，该学习板测量距离范围在0.27m～4.00m之间，测量精度为1cm，测量时与被测物体没有直接接触，通过板上数码管清晰稳定地显示测量结果，如题图所示。

超声波测距的原理

超声波发生器内有两个压电晶片和一个共振板。当它的两极外加脉冲信号的频率等于压电晶片的固有振荡频率时，压电晶片将会产生共振，并带动共振板振动，这样就产生了超声波。反之，如果两电极之间未外加电压，当共振板接收到超声波时，将压迫压电晶片作振动，将机械能转换为电信号，就成为超声波接收器。在超声探测电路中，发射端输出的脉冲为一系列方波，其宽度称为发射超声波的时间间隔，被测物距离越大，脉冲宽度就越大，输出脉冲个数与被测距离成正比。超声波测距大致有以下两种方法：① 取输出脉冲的平均值电压，该电压（其幅值基本固定)与距离成正比，测量电压即可测得距离；② 测量输出脉冲的宽度，即发射超声波与接收超声波的时间间隔 t，故被测距离为 $S = 1/2vt$。我们这里介绍的测量电路采用第二种方案来计算距离。由于超声波的声速和温度有关，如果温度变化不是很大，那么我们认为声速基本不变。如果测距精度要求很高，那么我们可以通过温度补偿的方法来加以校正。超声波测距适用于高精度的中长距离测量，因为超声波在空气中的传播速度为340m/s（温度为15℃时），由单片机负责计时，单片机振荡电路使用12MHz晶振，因此系统的测量精度在理论上可以达到毫米级。

超声波测距的算法设计：

超声波在空气中传播速度为340m/s（15℃时）。$X1$ 是声波发出的时刻，$X2$ 是声波返回的时刻，$X2-X1$ 得出的是声波发出到返回的共需要的时间，假定 $X2-X1=0.04$s，那么我们可以得到以下距离：

$$340\ \text{m/s} \times 0.04\text{s} = 13.6\ \text{m}$$

由于这13.6m是超声波从发出到返回的距离，那么，超声波信号的发出点到障碍物之间的距离如图1所示。

$$S = 340(\text{m/s}) \times (X2-X1)(\text{s})/2$$

从上面的公式和图示中，大家可以清晰地了解到超声波信号发出和返回的全过程，因此，我们可以设计出以下的超声波测距硬件框图，如图2所示。

硬件原理

超声波学习板完整的电路图如图3所示，共由7部分单元电路组成，分别是整流滤波电路、单片机最小系统电路、显示电路、超声波信号发射电路、超声波信号接收电路、蜂鸣器电路、串口ISP下载电路。整流滤波电路给学习板提供5V VCC电源电压；51单片机芯片、单片机振荡电路和单片机复位电路组成了单片机最小系统电路；四位数码管VD2和1602液晶显示接口J3组成了显示电路；非门74LS04芯片与超声波发射探头T-40-16组成了超声波信号发射电路；SONY公司的CX20106A芯片及外围电路和超声波接收探头R-40-16组成了超声波信号接收电路；通过单片机P1.1口通过三极管VT5驱动蜂鸣器鸣音，如我们在使用倒车测距应用时，当车快碰到障碍物时，可以控制蜂鸣器以不同的声音来鸣音报警起到提示作用；MAX232芯片及外转电路组成了RS232-TTL电平转换电路，它也是我们的串口ISP下载电路，这样我们就可以通过串口给板载的STC89C51芯片实现ISP在线下载程序，无需使用编程器，非常方便。接下来，我

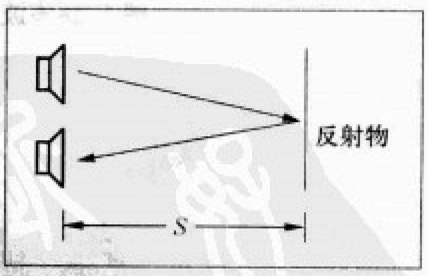


图1

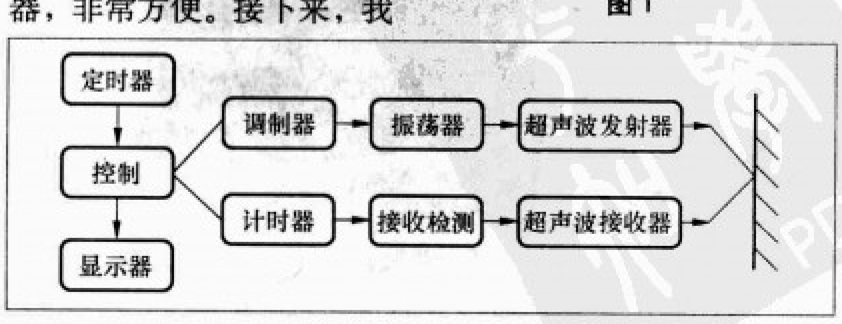


图2 超声波测距板原理框图

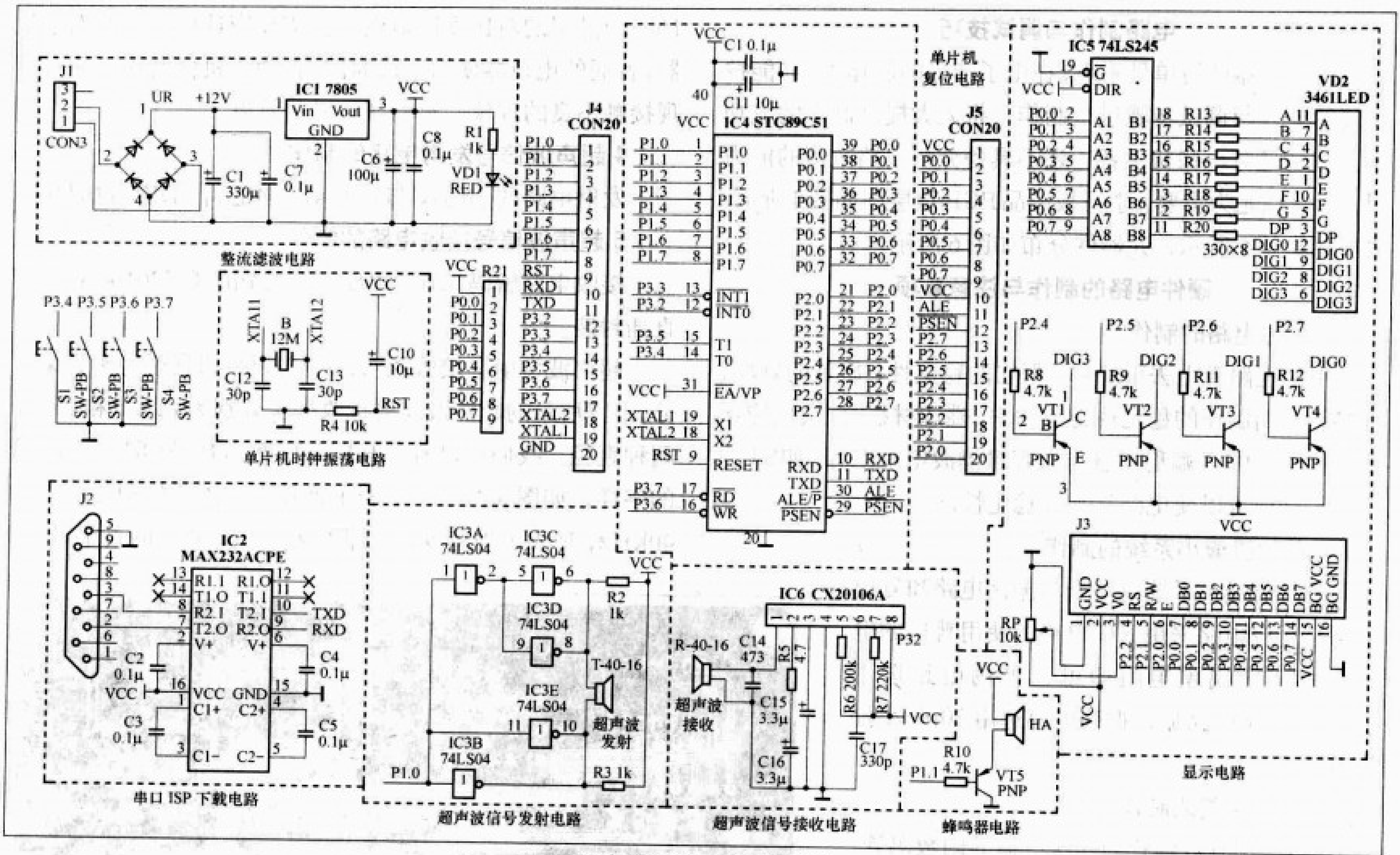


图3 超声波学习板电原理图

们着重介绍一下学习板的显示电路、超声波信号发射电路、超声波信号接收电路，关于其他电路的原理，相信单片机爱好者都已经有所了解了，这里不再赘述。

1.单片机系统及显示电路

我们给测距系统设计了两种显示电路，一种是数码管显示的人机接口，另一种是LCD1602字符型液晶屏显示接口，读者朋友可以根据自己的需求来修改程序，以使其通过不同的媒介显示相关信息。在这里，我们的例程是用4位数码管显示的，我们可以看到显示电路采用简单实用的4位共阳LED数码管“VD2”，段码用74LS245驱动，位码用PNP三极管VT1、VT2、VT3、VT4驱动，电路图中标号J3为1602液晶显示屏接口，电位器RP1用来调节液晶显示对比度。

2.超声波信号发射电路

前面我们讲到过，用单片机的P1.0口输出超声波换能器所需的40kHz方波信号，然后经IC3反相后通过超声波信号发射探头“T-40-16”发出超声波信号。

3.超声波信号接收电路

我们使用SONY公司的CX20106A集成电路对接收探头收到的信号进行放大、滤波，其总放大增益80dB。以下是CX20106A的引脚注释：

1脚：超声波信号输入端，该脚的输入阻抗约为40kΩ。

2脚：该脚与GND之间连接RC串联网络，它们是负反馈串联网络的一个组成部分，改变它们的数值能改变前置放大器的增益和频率特性。增大电阻R或减小C，将使负反馈量增大，放大倍数下降，反之则放大倍数增大。但C的改变会影响到频率特性，一般在实际使用中不必改动，推荐选用参数为R=4.7Ω，C=3.3μF。

3脚：该脚与GND之间连接检波电容，电容量大为平均值检波，瞬间相应灵敏度低；若容量小，则为峰值检波，瞬间相应灵敏度高，但检波输出的脉冲宽度变动大，易造成误动作，推荐参数为3.3μF。

4脚：接地端。

5脚：该脚与电源端VCC接入一个电阻，用以设置带通滤波器的中心频率f_0，阻值越大，中心频率越低。例如，取R=200kΩ时，f_0≈42kHz，若取R=220kΩ，则中心频率f_0≈38kHz。

6脚：该脚与GND之间接入一个积分电容，标准值为330pF，如果该电容取得太大，会使探测距离变短。

7脚：遥控命令输出端，它是集电极开路的输出方式，因此该引脚必须接上一个上拉电阻到电源端，该电阻推荐阻值为22kΩ，没有接收信号时该端输出为高电平，有信号时则会下降。

8脚：电源正极，4.5V～5V。

电路制作与调试技巧

所用元器件清单见附表，在电子产品的制作中，如能按较佳的安装与调试步骤进行制作，将大大提高制作的成功率。特别是对一些初学者，还不具备分析电路故障的能力时，这一点尤为重要。学习板成品PCB顶层图如图4所示，底层图如图5所示，元器件分布如图6所示。

硬件电路的制作与注意事项

1.电源电路的制作

电源电路看上去很简单，但它的稳定性，质量的好坏，直接影响到制作的稳定性与成功率，挑选材料时，我们应该选用优质7805三端稳压管与大容量滤波电解电容，如ST的7805，这样可以使电路具有高稳定性。

2.单片机最小系统的制作

单片机最小系统电路分为振荡电路和复位电路，复位电路采用RC电路，使用普通的电解电容与金属膜电阻即可，振荡电路选用12MHz高精度晶振，振荡电容选用30pF小瓷片电容。

3.显示电路的制作

标号LED1数码管为四位一体共阳数码管，颜色为红色，大家也可以选择其他的颜色，如绿色也挺漂亮的，只要是共阳类型的即可。

附表

类型	标号	型号	单板数量
电阻	R1~R3	1k Ω	3
电阻	R5	4.7 Ω	1
电阻	R8~R12	4.7k Ω	5
电阻	R13~R20	330 Ω	8
电阻	R4	10k Ω	1
电阻	R6、R7	200k Ω	2
排阻	R21	10k Ω	1
可调电阻	RP	10k Ω	1
电容	C2~C5、C7~C9	0.1 μ F	7
电容	C12、C13	30pF	2
电容	C17	330pF	1
电容	C14	473pF	1
电容	C10	10 μ F	1
电容	C15、C16	3.3 μ F	2
电容	C1	330 μ F	1
电容	C6、C11	100 μ F	2
集成电路	IC3	74LS04	1
集成电路	IC5	74LS245	1
集成电路	IC1	LM7805	1
集成电路	IC4	STC89C51	1
集成电路	IC2	MAX232ACPE	1
集成电路	IC6	CX20106	1
桥堆	UR	KB307	1
数码管	VD2	3461	1
晶振	B	12MHz	1
三极管	VT1~VT5	9012	5
按键	S1~S4	6 × 6 × 6	4
蜂鸣器	HA	5V	1
超声接收	R-40-16	40R	1
超声发射	T-40-16	40T	1
发光管	VD1	RED	1
串口	J2	DR9	1
电源口	J1	2.1	1
扩展口	J4、J5	SIP20	2

1602液晶屏的对比度调节电位器RP，应选用优质多圈电位器，普通的电位器使用一段时间后，由于机械磨损可能会出现接触不良的现象，影响液晶显示效果。

4.超声波信号发射电路的制作

发射电路的非门IC3选用74LS04芯片，DIP直插封装。

5.超声波信号接收电路的制作

接收电路解码IC6选用SONY公司的CX20106A，DIP直插封装。

超声波发射、接收探头以中心频率和直径为参数来区分，图7所示的超声波发射接收探头分别为12mm和16mm两种直径。我们可以看到其探头反面标有“40R”、“40T”的字样，如图8所示，它表示该超声波探头的中心频率为40kHz，R表示为接收端，即英文“Receive”的首字母，T

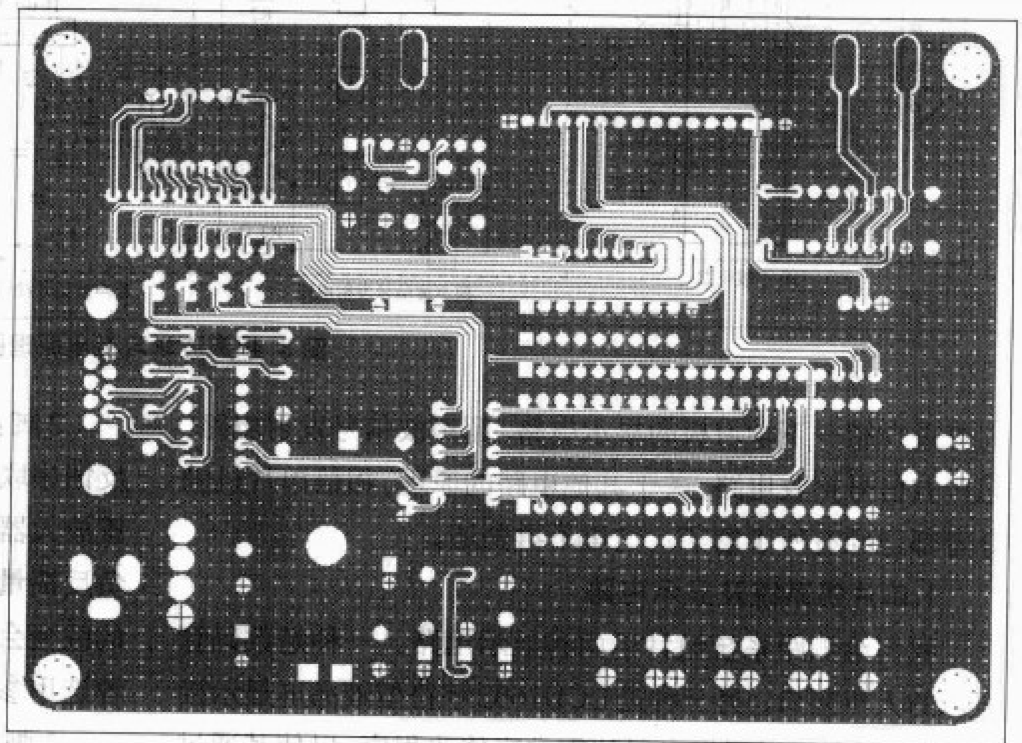


图4 PCB顶层图

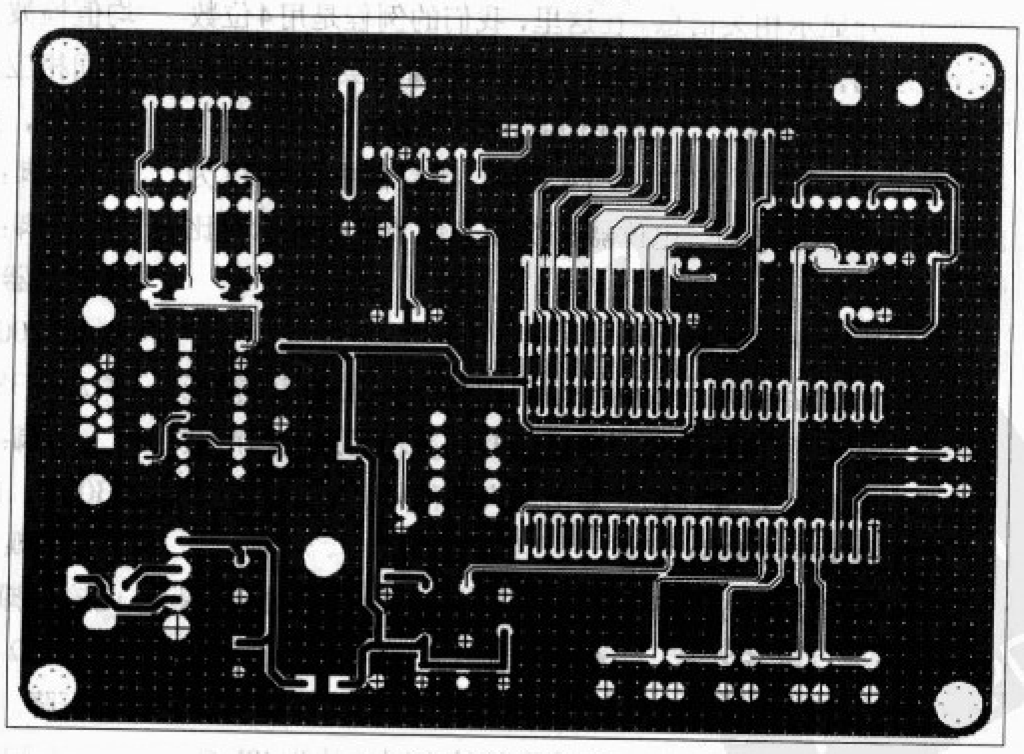


图5 PCB底层图

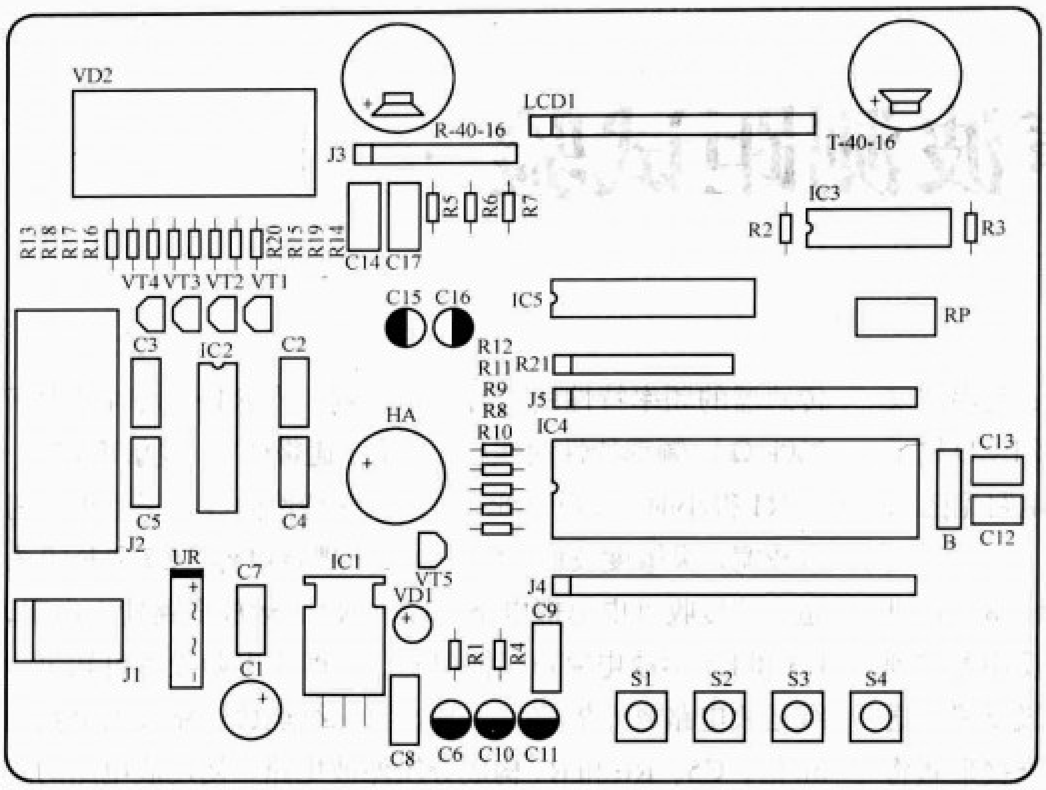


图6 PCB元器件分布图

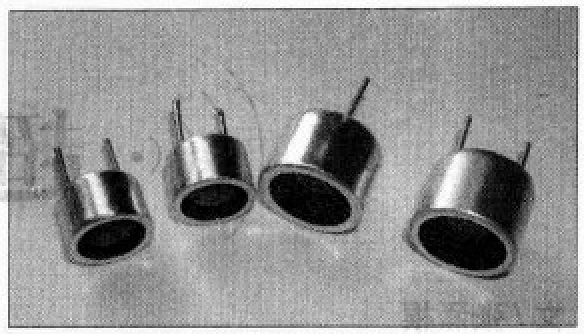


图7 不同直径的探头

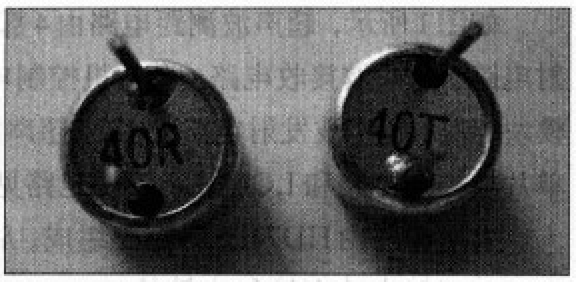


图8 中心频率为40kHz的探头

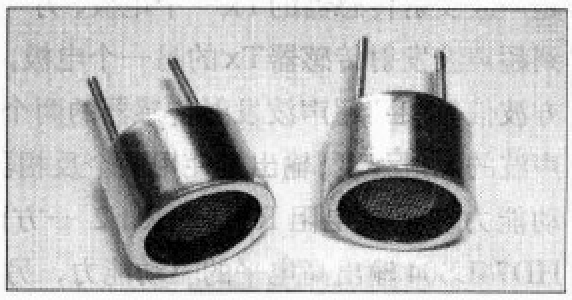


图9 本电路使用的探头

表示为发射端，即英文“Transmit”的首字母，我们这里介绍的学习板采用 ϕ 16的超声波探头，如图9所示，中心频率为40kHz，在安装时应保持发射探头和接收探头的中心轴线平行并相距4cm～8cm，其余元件无特殊要求。如果能将超声波接收电路用金属壳屏蔽起来，那可以大大提高抗干扰能力。同时也可以根据测量范围及精度要求的不同，适当地调整与超声波接收探头并接的滤波电容C14的大小，以获得相应的接收灵敏度和抗干扰能力。

硬件电路制作中，应避免出现虚焊或焊接短路的情况，制作完成并调试好后，便可将HEX或BIN文件通过PC机串口下载到单片机试运行。有兴趣的读者朋友，可以根据实际情况修改超声波发生子程序每次发送的脉冲宽度和两次测量的间隔时间，以适应不同距离的测量需要，系统调试完成后应对测量误差和重复一致性进行多次实验分析，不断优化系统使其达到实际使用中的测量要求。

下面，我们来一起做一个有趣的遥控小车板载超声波学习板倒车测距实验，图10为我们将要使用的遥控小车和超声波学习板。

首先，我们给超声波学习板接上外接电源，并把它放在墙边上。

然后通过遥控器控制小车行驶，当小车与墙面小于最小测量距离27cm，数码管仍显示最小测量值27cm。再操作遥控器，使小车略向前行驶一段距离，此时，学习板上的数码管显示当前测距值为71cm，如图11所示。

注：由于实验拍照需要，超声波学习板与小车摆放不能成为绝对的水平，所以可能存在微小的数据误差。

相信看到这里，大家已经可以明白我们是如何利用超声波与单片机技术相结合来完成超声波测距了，不妨自己动手，编写一个超声波应用的相关程序，根据自己的需要做一个小实验。

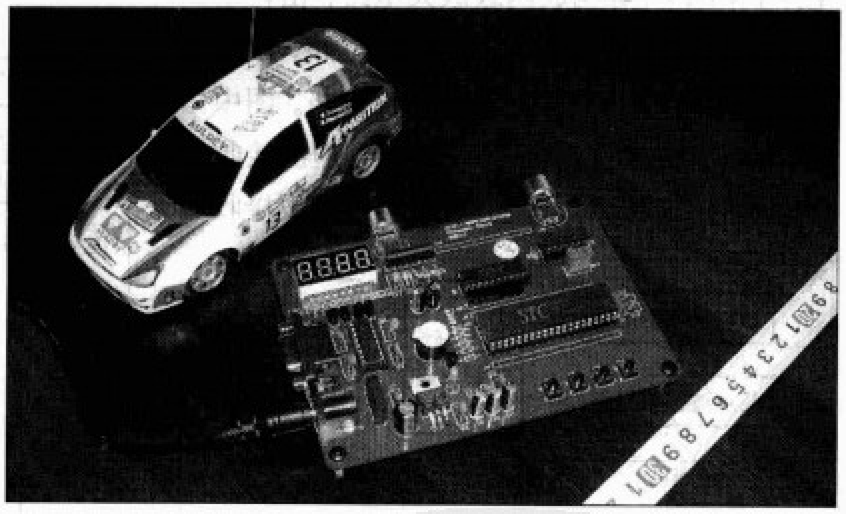


图10 遥控小车和超声波学习板

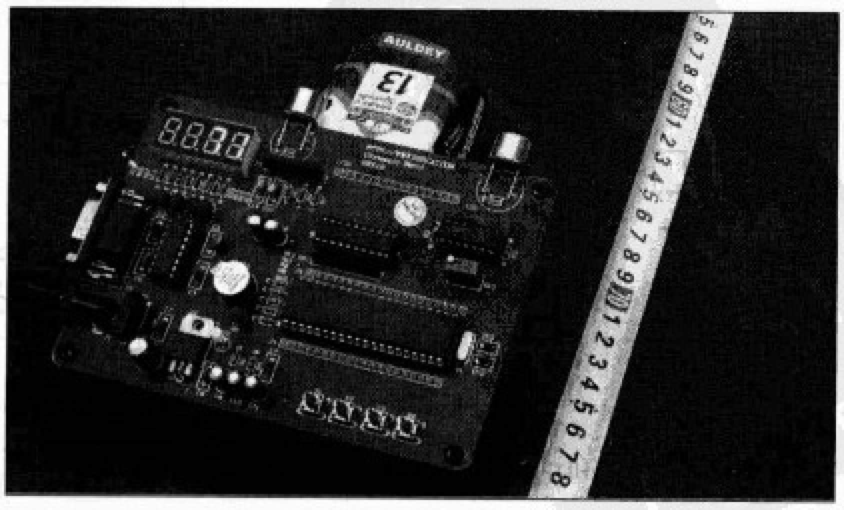


图11 距离实测

超声波测距试验

文 / 张涌根

如图1所示，超声波测距电路由4部分组成：超声波发射电路、超声波接收电路、单片机控制电路以及LCD显示模块电路。超声波发射电路见图2，超声波接收电路见图3，单片机控制电路和LCD显示模块电路见图4。

发射电路由HD74LS04电路组成。从ATmega8单片机PD5端口输出的40kHz方波信号，一路经一级反相器送到超声波发射传感器的Tx一个电极，另一路经两级反相器送到超声波发射传感器Tx的另一个电极。用这种推挽形式将方波信号加到超声波发射传感器的两个电极，可以提高超声波的发射强度。输出端使用两个反相器并联，可以提高驱动能力。上拉电阻R11、R12一方面可以提高反相器HD74LS04输出高电平的驱动能力，另一方面可以增加超声波发射传感器的阻尼效果，缩短其自由振荡时间。

在超声波接收电路中由低噪声集成运放电路LM833N等构成两级放大电路，由肖基纳二极管ISS106等构成倍压整流电路，由集成比较电路LM358N等构成比较电路。图中Rx为超声波接收传感器，R1为超声波接收传感器的负载电阻，这个电阻对超声波接收传感器的频率特性曲线有一定影响。当R1很大时（大于100kΩ），频率特性曲线趋于尖锐，通带较窄，灵敏度较高；当R1很小时（小于10kΩ），频率特性曲线趋于舒坦，通带较宽，灵敏度较低。C1和C2为耦合电容。C7和R10为超声波接收供电退耦电路。R2和R4为运放电路输入电阻，R3和R5运放电路负反馈电阻。从图中电阻数值可知第一级运放电路放大倍数为100倍，第二级运放电路放大倍数为50倍。C5、R6和R7构成分压滤波电路，使运放电路的正输入端钳位在二分之一电源电压上，构成所谓的虚地，这样可以方便地采用单个电源供电，在运放电路的负输入端输入的超声波信号无论是正半周还是负半周都能得到同样的

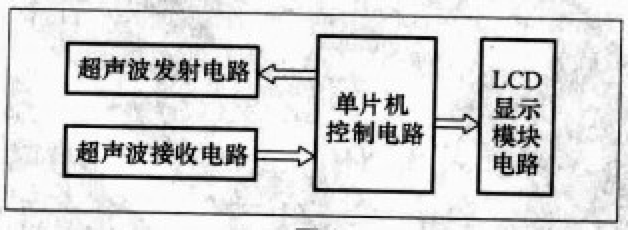


图1

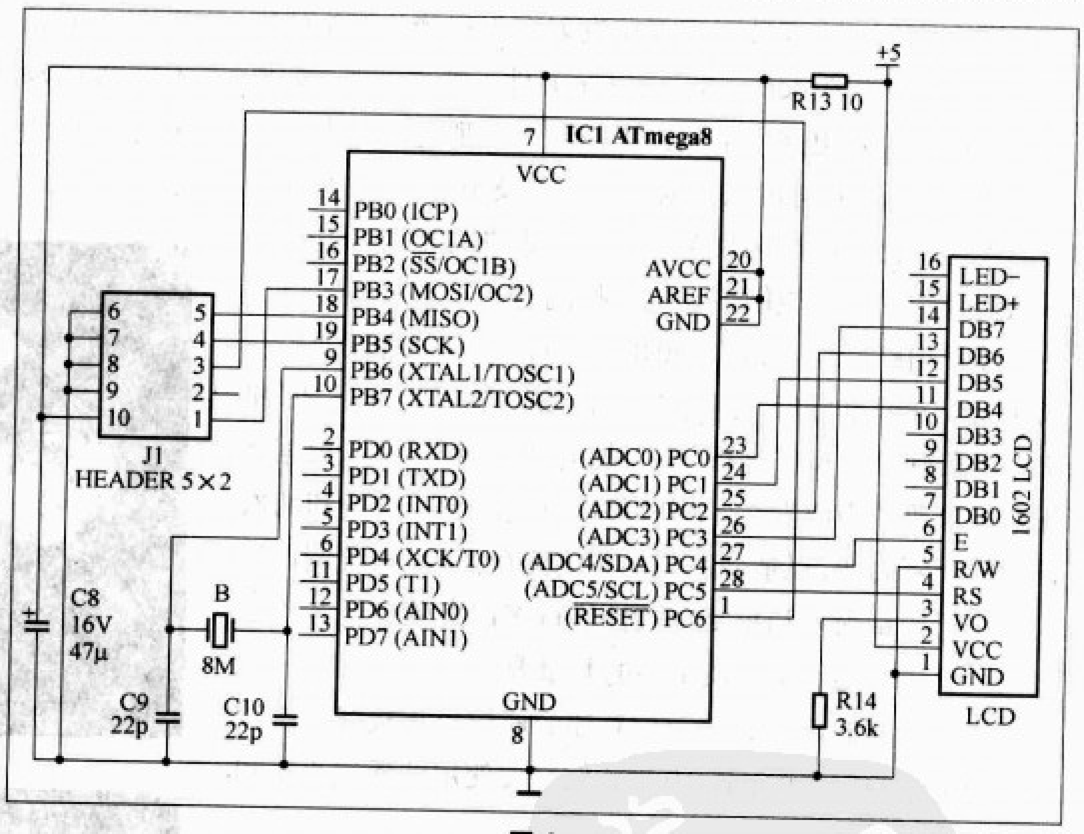


图4

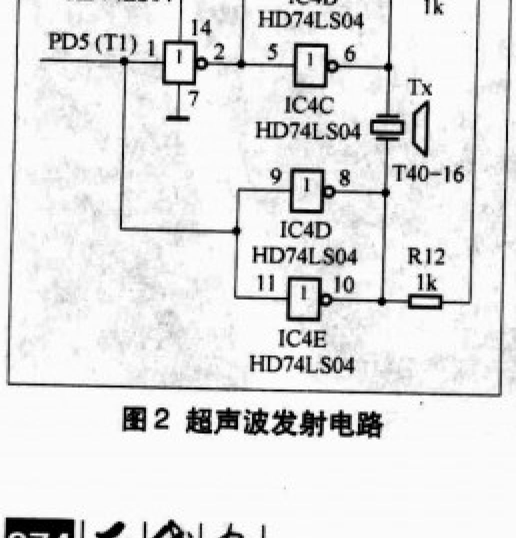


图2 超声波发射电路

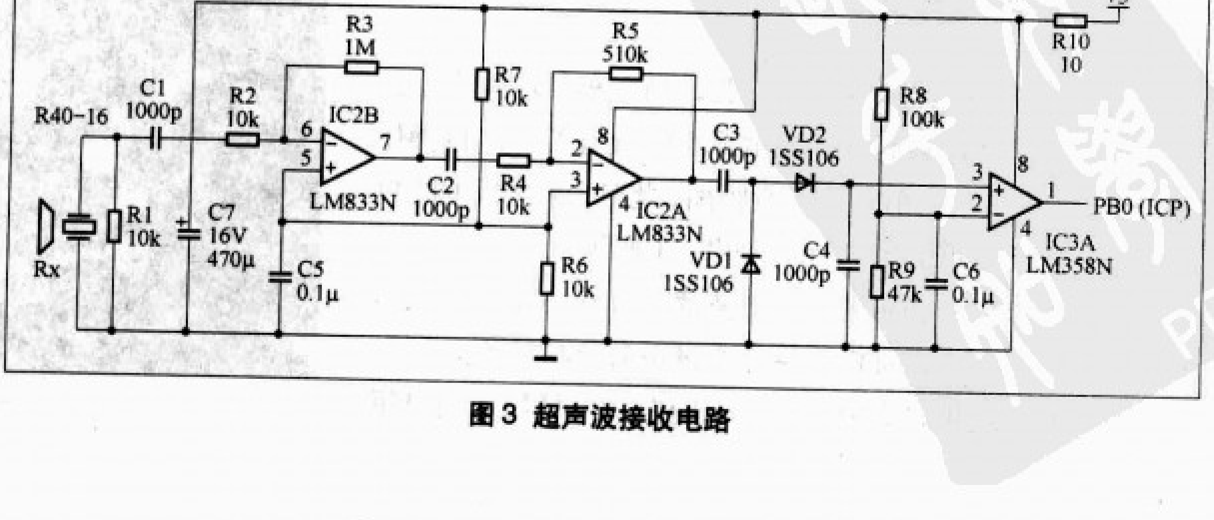


图3 超声波接收电路

放大。运放电路输出信号负半周由VD1整流，存储在C3上，在信号正半周时，正半周信号和C3上存储的负半周信号叠加，由VD2构成倍压整流电路，倍压整流信号存储在C4上。R8、R9和C6构成的分压电路提供比较电路比较的基准电平。比较电路在没有接收到超声波信号时输出低电平，在接收到超声波信号时输出高电平。

图4中ATmega8单片机和1602LCD显示模块等组成一个单片机最小系统。晶振频率为8MHz，C9和C10与晶振组成振荡电路。C8和R13为单片机供电退耦电路。R14控制LCD模块显示的对比度。J1为下载线插座。从ATmega8单片机的PD5端口输出40kHz方波，连接到超声波发射电路，发射超声波；ATmega8的PB0端口连接到超声波接收电路输出端，PB0端口使能了捕获功能，在捕获超声波接收电路送来信号的上升沿时，触发单片机的捕获中断处理，读取超声波传播时间。

整个超声波测距电路采用单个5V电源供电。

程序介绍

单片机程序分别采用ICC-AVR和BASCOM-AVR开发平台编写了C语言和BASIC语言程序（源程序见本期配刊光盘），其中涉及精确定时部分内嵌了汇编语言。C语言功能强大，是教学科研和工程应用的首选；BASIC语言通俗易懂，程序只有区区几十行，值得青少年等初学者看一看。

整个程序是这样工作的：主程序完成初始化工作后，不停地根据捕获的超声波传播时间计算最新的测量距离值，并显示在液晶屏上。本机使能了定时中断和捕获中断。本机采用8MHz晶振，定时器预分频数为8，8MHz/8=1MHz，所以定时器计数单位为μs。定时器1的计数器长度为16位，最大计数为65536，所以定时器中断间隔为65.536ms。在中断处理程序中发射超声波。当有反射的回波抵达时，触发捕获中断。捕获中断处理程序获取最新的超声波传播时间，供主程序计算最新的测量距离值。

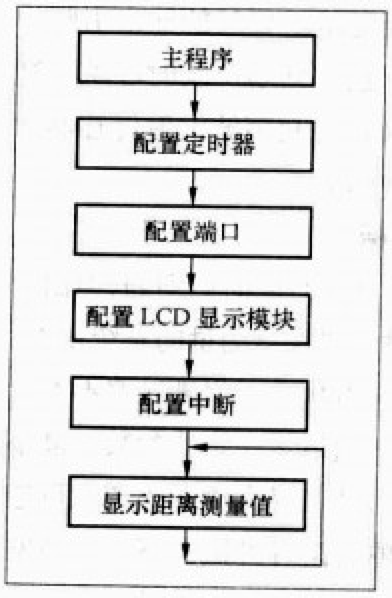


图5

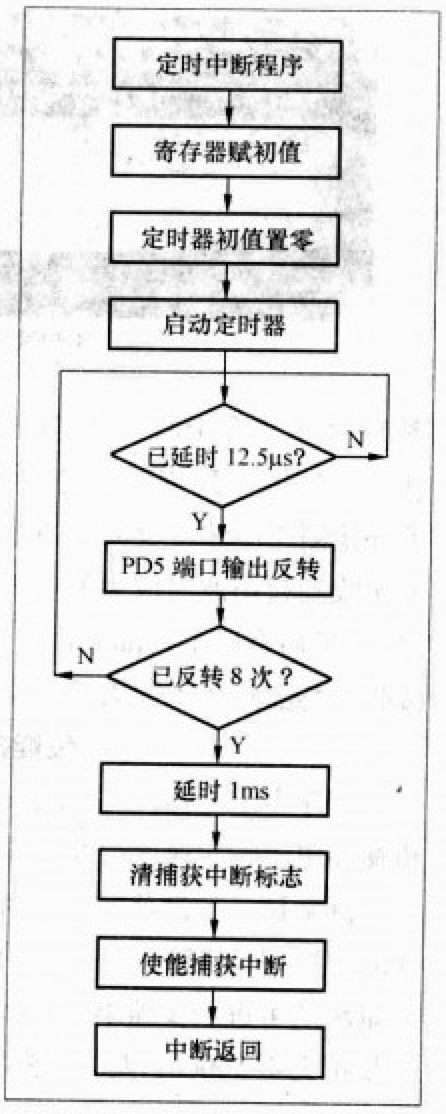


图6

主程序流程图见图5，主程序和捕获中断处理程序都比较简单，下面主要对定时中断处理程序作一些解释：

定时器中断处理程序流程见图6。程序首先给R21、R22赋值，接下去程序中这两个寄存器的值将进行异或运算，引起R21的第5位数值反转，R21的数值再输出到PORTD端口，使PD5端口输出电平反转，输出方波。R20设定的是延时12.5μs时间需要的循环次数，本机采用8MHz晶振，1个时钟周期为0.125μs，dec r20和brne D语句形成的条件循环执行时间是100个时钟周期，就是12.5μs。12.5μs使PD5端口输出电平反转一次，25μs一个周期，对应40kHz的频率，R23设定的是PD5端口输出电平反转8次，产生4个周期方波。在R20~R23设定初值后，再设定定时器初值为零，接着就启动定时器计时，发射超声波。在超声波停止发射后先延时1ms，再清捕获中断标志然后使能捕获中断。这样安排目的是为了避免超声波从发射端直接传播到接收端的影响，这里的清捕获中断标志非常重要。触发中断的3个条件为全局中断使能、局部中断使能和局部中断事件的发生在逻辑上是组合逻辑的关系，而非时序逻辑的关系。本例中在使能捕获中断前，事实上捕获中断事件已经发生，这是由直射波引起的。如果不先清捕获中断标志，捕获中断使能后将紧跟着立即触发捕获中断处理程序，这个中断不是回波触发的，此时获取的超声波传播时间将是错误的。

制作要点

器材型号规格在电路图中已标明。

制作时最好要有示波器，以方便调试，另外要分步制作调试，最后合成。

第一步：制作图4所示的单片机和LCD显示模块电路部分，下载并运行检测程序，LCD显示模块应能显示 Hello world字母，见图7。

第二步：制作图2的超声波发射电路部分，并和第一步

图7 测试程序

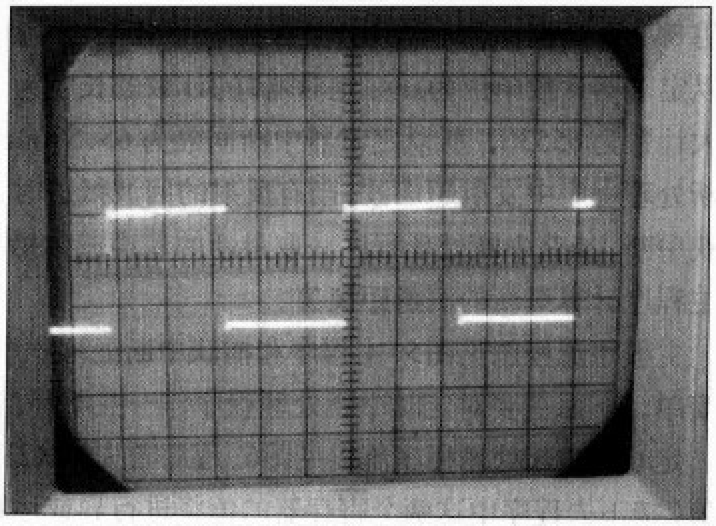


图8 单片机输出的40kHz方波波形

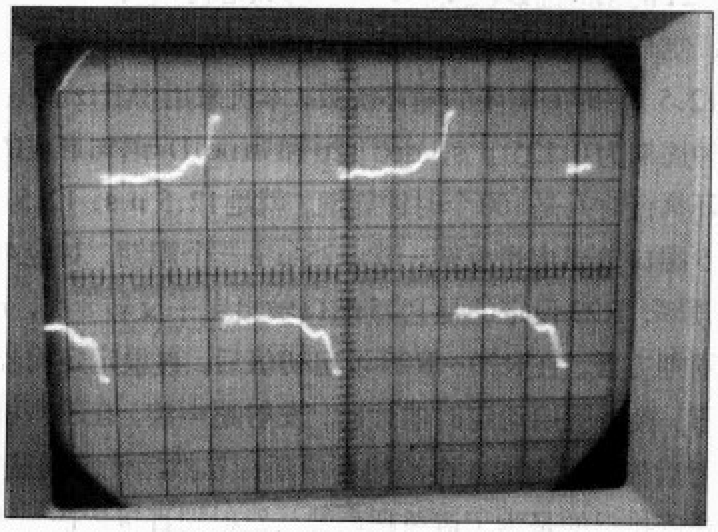


图9 超声波发射传感器两端波形

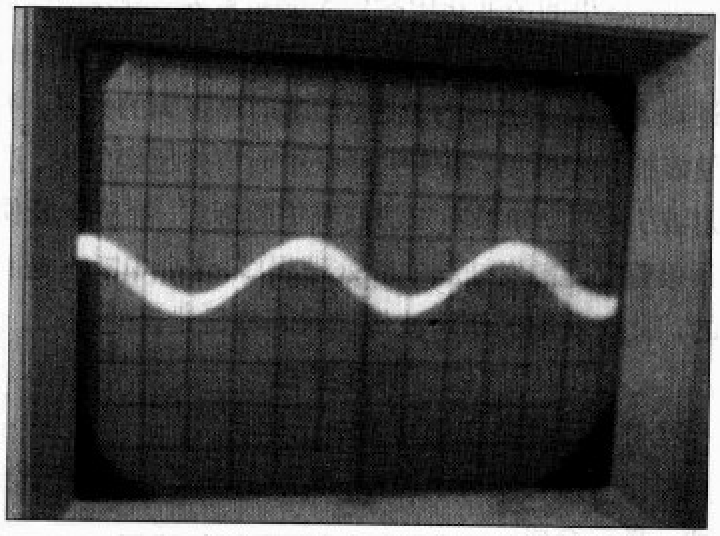


图10 超声波接收传感器接收到的信号

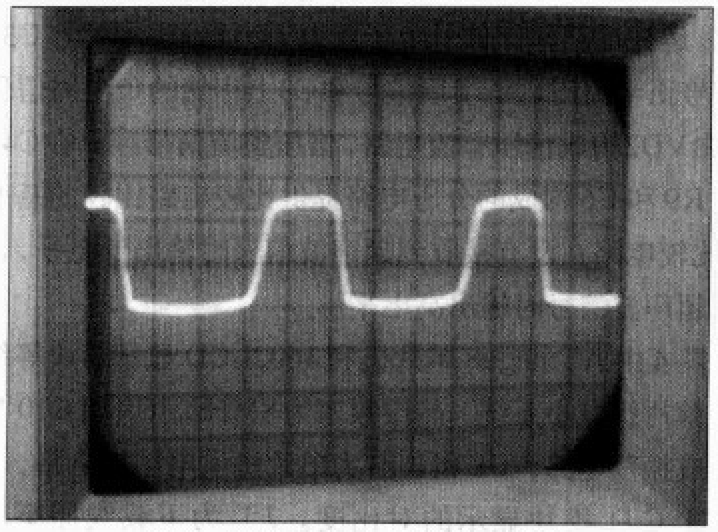


图11 运放电路第一级输出端信号

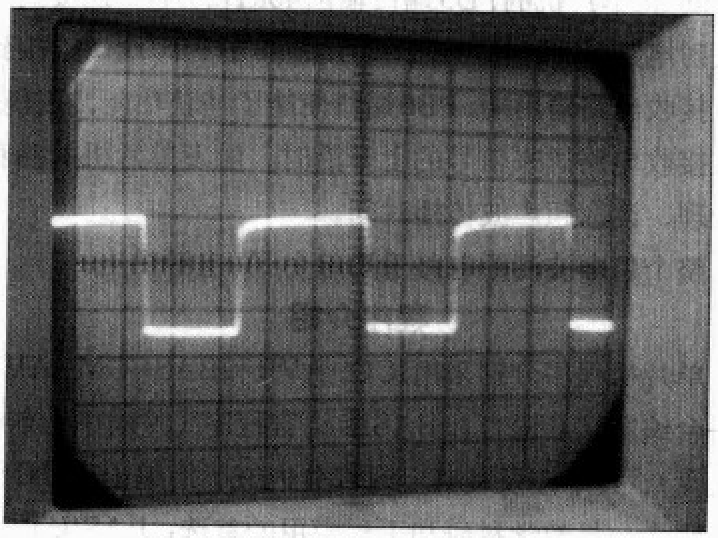


图12 运放电路第二级输出端信号

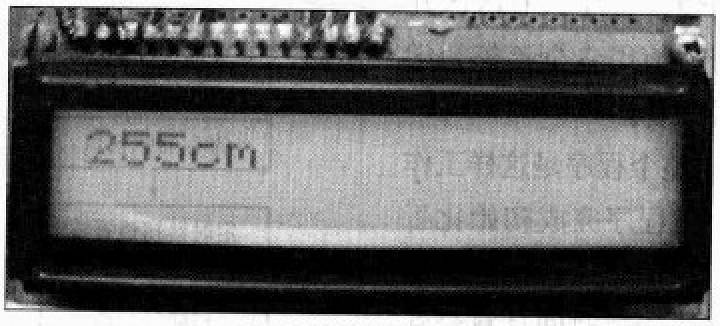


图13 测试出的距离

的单片机和LCD显示模块电路部分合在一起，运行检测程序，用示波器应能观察到单片机输出的40kHz方波，见图8，超声波发射传感器两端波形见图9。

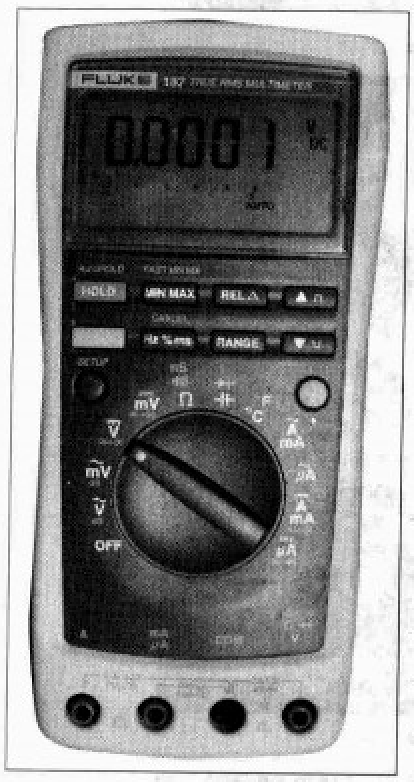
第三步：单独制作图3所示的超声波接收电路部分。用图4电路＋图2电路运行检测程序发射超声波，用图3电路与之相隔一段测试距离，接收超声波。用示波器观察图3电路中超声波接收传感器两端应有频率为40kHz正弦波信号（见图10），运放电路第一级输出端（LM833的7脚）应有频率为40kHz正弦波或方波信号（超声波发射传感器和超声波接收传感器距离较远时是正弦波，距离较近时是方波，图11所示为介于两者之间情况），运放电路第二级输出端（LM833的1脚）应有频率为40kHz方波信号（见图12）。另外检测超声波接收部分的比较电路LM358的输出引脚1，未接收到超声波时应为低电平，接收到超声波时应跳为高电平。最后将以上几部分合起来，注意超声波发射传感器和接收传感器距离不要太近，至少间隔7cm。

性能指标

程序中定时器计时和超声波发射是同时启动的，但由于机械和电子响应速度存在差异性，要注意测量的系统误差。经实际测试，测量范围为20cm～400cm，测量误差不大于1cm，图13为255cm时的显示。通过适当修改参数，最小测量距离可进一步缩小至10cm以下，最大测量距离也可进一步扩大至500cm以上。感兴趣的读者可试一下，欢迎发E-mail到wxszyg@sina.com与笔者联系、交流。

二手万用表选购指南（下）

文/聆 听

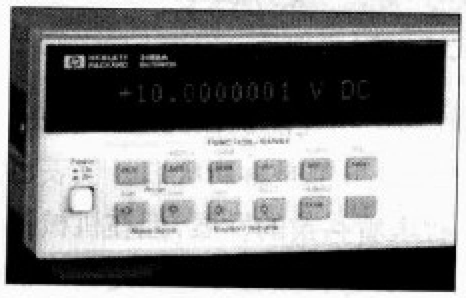


FLUKE 187

万用表的品牌

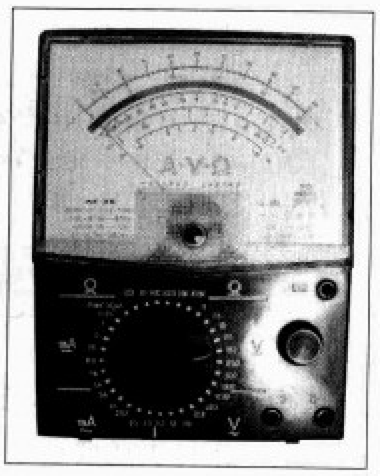
选购二手万用表讲究品牌，因为品牌是产品质量的象征。选购二手表不可能先把表拿来计量测试一番再来评价产品的性能，而且很多万用表外形类似甚至连型号也一样，但由于内部做工和用料（元器件的精度）的不同，实际性能相差很明显。大家都想买到高性能的精品表，那么名牌就是最基本的保证。接下来我们就来看看这方面的“大牌”，看到他们的产品时可不要“走宝”了。

对于数字手持万用表来说，FLUKE（福禄克）品牌可谓如雷贯耳，可以认为它是手持数字表的第一品牌，其万用表校准仪器也是世界一流。德国GMC高精度手持数字表也是国际公认的顶级产品，其性能完全有能力与FLUKE的同级产品媲美，此外手持数字表中HP（惠普）/Aglient（安捷伦）和Tektronix（泰克）也有其相关的产品，如HP的971A、972A、973A、974A和Tektronix的TX1、TX2、TX3，虽然手持表不是他们的主攻方向，但凭借其品牌效应（在其他专业测量仪器方面）和产品不俗的性能依然值得拥有。至于国内品牌华谊、优利德、胜利也算国内著名品牌，在生产数字表方面具有一定经验。



HP 3458A

高精度台式数字表方面HP（惠普）/Aglient（安捷伦）则是业界老大，其Agilent/HP 3458A 8½位数字表是目前公认的最好的高精度表之一。还有一些专业生产高精度仪器的公司如迪特郎公司（DATRON）、施伦伯杰(Solartron)、吉时利（KEITHLEY）、英国TTI公司(Thurlby）都有非常好的产品。尽管FLUKE在台表产品上远没有其在手持表上那么丰富，但其8050A、F45、8840A、8842A也是不错的产品。此外日本的爱德万（ADVANTEST）、横河(YOKOGAWA）等也有很优秀的产品。



MF35

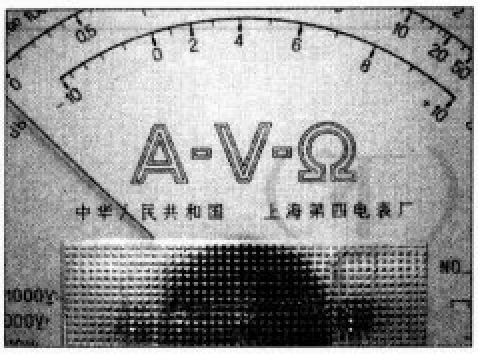
在指针表方面，国内有很多知名厂家和品牌。上海第四电表厂就是最著名的厂家之一，其产品使用星牌商标，早年生产的MF35型表被很多人认为是最好的国产指针表。该厂前身由震华电器厂演变而成，1967年厂名一度改为上海遵义电表厂，1974年变更为上海第四电表厂，所以在一些早期的产品中会使用“上海遵义电表厂”的厂名。此外上海精益仪表厂的万用表质量也很好。南京金川电表制造有限公司和南京仪表厂生产的MF47型万用表也享有盛名（也是目前最容易买到的中价位的好表，其他有很多小厂也生产廉价MF47，不过性能差、寿命短）。进口品牌中前面提到的德国GMC也有指针表且性能优异，日本三和（SANWA）表质量也可以，优点是比较轻巧，不过市场上假冒SANWA的很多。

二手万用表的选购要点

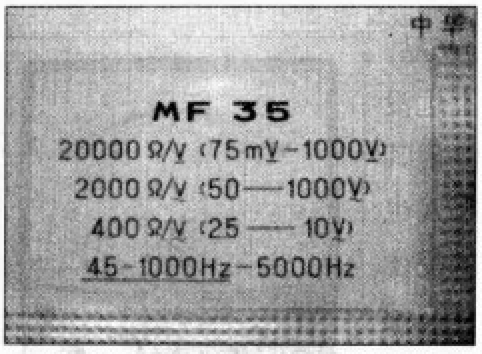
1.机械指针表

二手指针表验表顺序如下：一看外观，二看表头，三看拨盘，四看机件用料。

从外观上我们可以看出万用表的型号、成色、制造厂家等信息。通过型号我们就知道万用表的基本档次，比如高档的直流精度达到1.0级的有MF35、MF18型。MF12、MF14直流精度达到1.5级，普通万用表多是直流精度2.5级。MF10具备高灵敏度表头提供10 μA测试挡和直流内阻100kΩ/V的指标。500型万用表虽然不是很高档次的表，但在维修业中用得最多，很多维修参数都是用500表测量所得，所以它也是非常经典的一款万用表。外观洋气一点的表中，MF368性能不错。上述这些型号的万用表都是非常有



上海第四电表厂字标



内阻等级

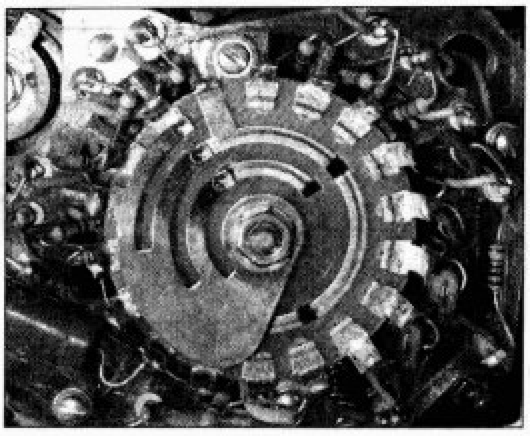
特色或者非常经典的表，值得拥有或收藏。成色方面各人以自己的标准判断，至少要求拨盘挡位清晰，表面无明显污损。通过制造厂家可以判断万用表品质，具体可以参考前面的品牌介绍。比如最常见的500型万用表，哈尔滨市精艺仪表厂生产的，性能相当好，上海第四电表厂生产的也不错。但500型表国内生产的厂家很多，包括一些街道小厂也有生产，质量参差不齐。要买二手精品就要选大牌，指针表还要选老货（生产年份靠前的表）。当时可能品牌意识不是很强烈，所以很多老表除了写明厂家都不用商标，或者商标出现在不醒目的位置。

表头是万用表的主要部件，大开面的表盘容易观察和读数，有些表的表面还有一条读数反光镜，用于减少读数误差。表头上有些数据直接标志着万用表的性能，比如误差等级、内阻等级。通常普通万用表直流灵敏度可以达到20kΩ/V。表头是指针表最容易弄坏的部件，表头要求归零精确（可以自己微调），阻尼均匀，表针灵活没有弯曲。很多优秀的万用表都采用灵敏度高线形好的外磁表头，其阻尼好抗震能力也占优。

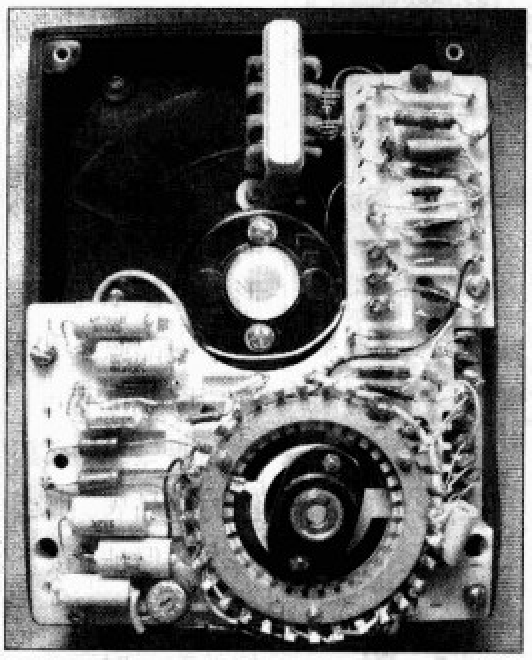
拨盘要求转动灵活，卡位准确，没有接触不良的情况。有条件可以简单测试各量程挡位工作是否正常。一般来说挡位越多也标志产品越精密。优质的万用表大多使用专业多挡波段开关或者用压制机件，接触点使用独立的铜片制作，高要求的还镀上银，而很多低成本货则直接用线路板作为接触点而且并未采用有效的加固设计，很难保证使用寿命。

打开机盖看机件用料，首先注意元件外表面有没有发黑被烧现象，其次看电池接触片有没有被腐蚀的痕迹，最后看拨盘波段开关的触点有否明显氧化以及有否非专业的维修痕迹。早期的表多采用专用的线绕电阻，可以提供很高的精度，近年出品的产品中很多都被普通色环电阻所取代，几分钱一个的色环电阻原则上可以替代原来至少几元一个的线绕电阻，成本也因此大大降低，只是普通色环电阻阻值误差比较难控制，需要人工筛选，这又直接关系到产品的品质和成本，所以更多朋友喜欢使用线绕电阻的老产品。

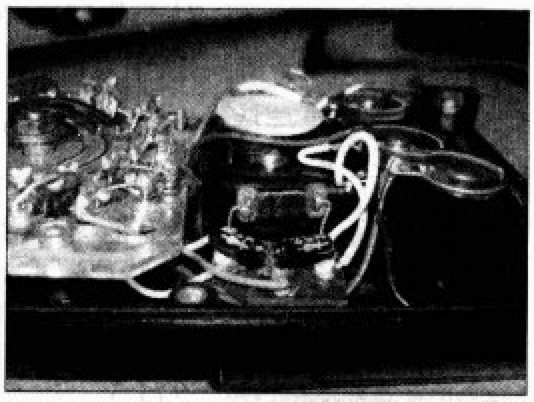
二手机械指针表有个特殊的现象，就是老表“吃香”，很



拨盘



万用表内部



线绕电阻

多爱好者都愿意出大价钱收购品相性能俱佳的经典老表。无线电爱好者对于电子类产品一般都是喜新厌旧，仪表也是这样，不断改进的新产品代表着科技的发展，但在机械指针万用表上是个例外。数字表具有读数方便、精度高的优点，这都是指针表所无法比拟的，随着廉价数字表的冲击和产品的完全市场化，指针表的市场空间越来越小。这就要求生产指针表的厂家严格控制成本，甚至为此必须牺牲一些品质。而早期的国营仪表大厂，质量控制非常好，用料足，工艺一丝不苟，尤其是一些高端的产品，为了达到更好的精度，大量采用精度很高的线绕电阻，很多高档万用表采用的波段开关还是瓷基板的，手感一流，每件产品可谓精工细作，完全不会因为压成本而放弃质量。现在企业在保证质量

大量使用线绕电阻

的同时还要控制成本，出品的一些同型号产品在手里掂掂分量就知道与老货的差异了，要是看线路板，差异就更大了（大部分线绕电阻都改成普通色环电阻），可以说有很多优秀的老产品现在花钱都不容易买到。拥有这样一块老表，撇开实用性，就收藏价值而言，也见证了我国一个时代的仪表工业水平。

指针表中还有一类是FET万用表，它采用场效应管作为测量电路输入并使用运算放大器作为放大电路，优点是提供高灵敏度、高输入阻抗、较宽的频响，典型产品是MF60。

二手高精度指针表在二手市场中依然保持很高的身价，比如成色好性能良好的上海第四电表厂出品的MF35老表二手市场价在200～300元（199X年份的库存MF35在仪器商店卖450～700元）。二手老的星牌MF10、MF12、MF14也可以卖到100～150元。当然也有朋友在旧货地摊上花三四十元淘到闲置的MF35的，那真是“捡宝”了。

2.数字手持表

选购数字手持表也是从品牌、性能、完好程度来综合考虑。不论从实用程度还是虚荣心的角度，二手表首先考虑的是坚固耐用的进口名牌表，最好还是原装进口的中高档产品，至少也是国产名牌的中高档系列。外观检查，首先看外观是否有严重破损，后背支撑架、电池盖是否完好，所有按键和拨盘是否正常工作，LCD屏幕有无缺损、字符显示是否正常，对比度是否适中，背光是否均匀。其次是性能检查，可以用表笔相互短路，电阻挡显示不应大于0.2Ω，有蜂鸣功能的万用表短路还能测试蜂鸣器是否正常工作。随便测试几个电压和电流以确保万用表工作正常，对于测量稳定的电压显示数字不应该乱跳。很多万用表有测温线，能配齐最好。对于FLUKE的表还要检查其内部保险丝是否完好、是否原装，要知道配一个原装的FLUKE保险丝价格不菲，要几十元之多。如果不是原装的或者已经损坏，可以作为砍价的理由。最后打开万用表外壳看内部线路板有否进水、粗糙维修、电池漏液污染主板或电池触点等情况。最后不要忘了向商家讨要一副优质的表棒，要求线体柔软、内阻小。

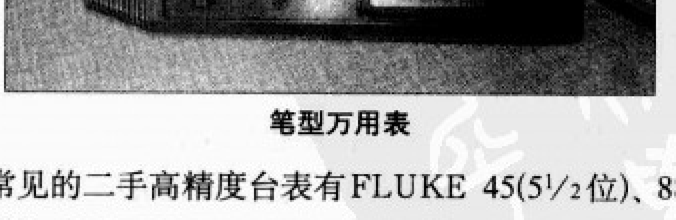
一般国内常见的高档二手表有FLUKE 180系列、170系列、80系列，HP的973A、974A和Tektronix TX1、TX2、TX3。GMC的万用表国内二手市场比较少见，但绝对也是好东西，Metrahit 18S、22S、22M、23S、24S、25S、26S、26M、28S、29S、30M样样是精品，尤其METRAHit 30M达到了准6½（1 200 000字）位的精度，赶上一些台表的水平了。有的万用表具备双显示区域功能，在某些测量中具备双信息测量显示特性，如同时显示交流电压和频率，有的时候还挺方便的。

目前二手市场上的FLUKE 187、177、87V、87-4参考价格在1200～2000元，老款的87也在1000元左右。中档的有FLUKE 170系列、110系列，HP的971A、972A，还有FLUKE 77和27/FM等早期产品。这些中档产品比较实用，二手价在300～600元（170系列除外），比较容易接受。

电子爱好者除了中高档表外，作为拾遗补缺额外购买一块价格不高便于携带的笔型万用表或者卡片万用表随身携带也是不错的，有的时候在逛电子市场淘二手电子器件时非常有用。选购这类超便携产品对精度就要求不高了，一般3½位的表也够用了，产品的坚固耐用性倒应该优先考虑。

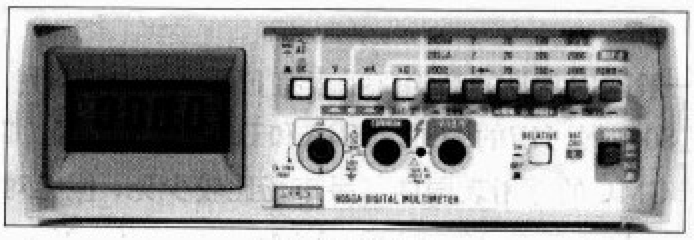
3.数字台式表

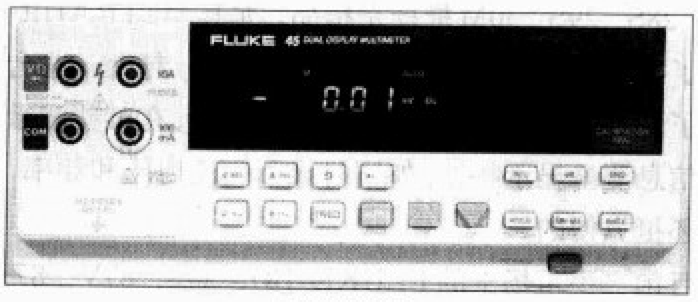
数字台式表分两类：一类是四位半以下的实用型台表，性能与高档的手持表差不多，只是放在仪器架上更顺眼一点，其外部通信功能一般用户用不到；另一类是5位到8½位的高精度万用表，主要用于科研或计量。实用型台表主要有一些老款的台表，如FLUKE的8050A、Thurlby 1503等，目前市场价格在300～400元，当年这些也绝对是高端产品，都是按照高要求设计制造的，现在虽然是老货，但依然有很多性能不错的产品。



笔型万用表

常见的二手高精度台表有FLUKE 45(5½位)、8842A(5½位)、KEITHLEY 197A（5½位)、KEITHLEY 2000(6½位)、Agilent/HP 3468A（5½位)、Agilent/HP 3478A(5½位)、Agilent/HP 3456A（6½位)、Agilent/HP 3457A(6½位)、Agilent/HP 34401A（6位)、Agilent/HP 34420A(7½位数字纳伏/毫欧表)、Agilent/HP 3458A（8½位)，


FLUKE 8050A

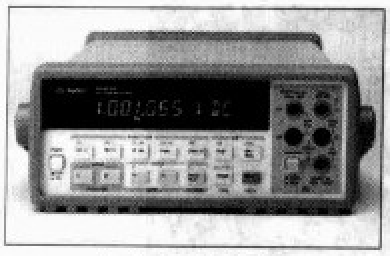


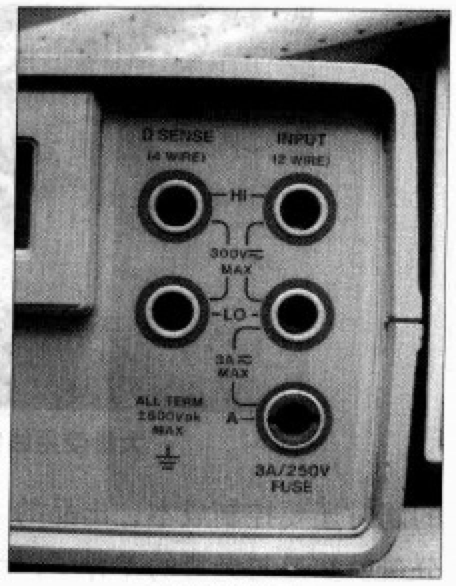
FLUKE 45

价格从1000多到上万。高精度台表除了分辨力（也就是位数）外，接口配置和测试速度也是产品档次的标志。需要精确测量小电阻的朋友可以考虑提供四线制测电阻的台式表，这种测量方式可以抵消测试线电阻的影响，有利于高精度测量。挑选二手高精度台表首先可以利用其自检功能（很多产品都具备自检功能）进行自检，这样如果有软件故障和显著的硬件故障都会显示测试项失败。其次用普通2线制测试表笔短路电阻，通常高品质表在短路时电阻不大于0.2Ω。有些高输入阻抗万用表在双表笔悬空的时候显示屏幕会有一些杂乱的数字在跳动，这是正常的。接下来可以通过一个电压连续可调的电源提供一个逐步上升的电压，检验台表挡位自动切换情况和面板按键功能良好以及显示部件LED或液晶没有缺笔画的情况。若有机会打开机壳，应着重查看有无维修进水腐蚀的痕迹和一些可调器件是否有被调乱的痕迹。购买二手高精度台表最好能有说明书，有很多带运算功能的台表功能比较多，没有说明书很难短时期内完全掌握使用。购买高精度台表首先讲究一个精准度，有些表由于元器件老化或工作点偏移，加上没有有效校准，所以准确度已经大打折扣，失去了购买意义（除非自己会维修校准），所以最好对二手高精度台表进行计量或者利用确保准确度的仪表进行对比。另外需要注意，有些国外渠道来的台表是110V供电，看看厂家有没有预留220V的跳线，有的跳线在机箱内部从外面是看不出的。

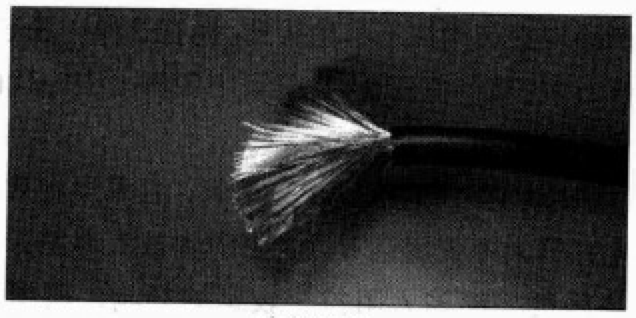
4.万用表表笔

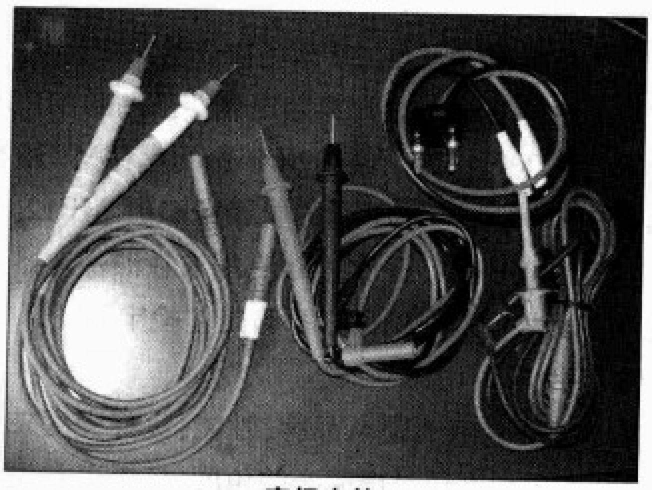
好马配好鞍，高档万用表表笔不但使用舒适，而且内阻低、测量误差小。其原因是高档表笔采用的线材多是硅胶线，与普通塑料线相比具有线体柔软耐压高的特点（尤其在低温环境下），而且线材都是“皮薄馅厚”，内部铜丝纯度高、拉丝细、支数多。像名牌的FLUKE或者其他高品质表笔在正规仪器店里要几十甚至上百元一副，比一些低价万用表还贵。但在二手市场却有很多廉价的好货，不带品牌字标的表笔更便宜，在淘宝网上就有很多人在卖，这些大多是OEM厂家的多余库存，非常超值。购买时要注意与万用表插孔的匹配。


Agilent 34401A



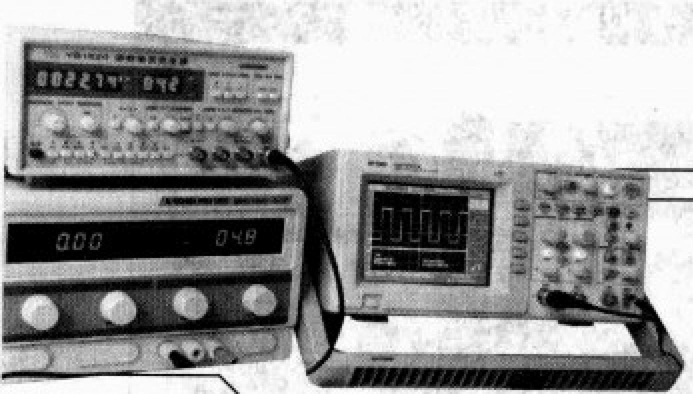
四线制测电阻


高级线材


高级表笔

友情提示

二手市场上国外品牌的高端万用表主要有两个来源，一种是国内科研单位和高校实验室的淘汰报废货，一类是洋垃圾。质量方面相对前者更有保障，通常这类货的机壳上都有固定资产的编号。而洋垃圾货一方面报废原因多种多样，另一方面主要是在当电子垃圾运输过程很容易受到剧烈碰撞、震动和进水，这对仪器是非常不利的。所以洋垃圾里挑出来的仪器不少是“病机”，一些二手商还常将几台病机通过简单的组件更换“拼凑”出表面看上去没有问题的“好机”，但实际上由于更换重要部件后没有重新做过校准，其测量准确度很难保证。所以对于洋垃圾中的仪器仪表要格外留神，开盖察看线路板成色和作必要的校准（业余条件下可以与同级别或以上仪器作比对）是很有必要的，对于万用表来说好货是不怕开盖的。



创建个人电子实验室

文 / 吴红玉

众所周知，学习电子技术、设计制作电子产品除了要学习和掌握许多基础理论知识之外，一个非常重要而又不能忽略的环节，就是要到实验室进行实验和验证。目前电子实验有两种形式：一种是在实验室，通过在实验台上搭建电子电路，利用实验室配备的各种测试测量设备，对电子电路进行参数测量、波形观察和数据记录等；另一种则是利用虚拟仿真软件，借助计算机屏幕进行虚拟仿真实验。相比之下，虚拟仿真实验有方便简捷、不用担心损坏元件和仪器等优点，但它只能作为电子电路实验的一种辅助手段，因为虚拟仿真实验是在理想状态下进行的，虚拟仿真的结果只能作为开发和研试新电子产品的数据参考，虚拟仿真正确，不一定代表做出的产品百分之百没有问题，在试做过程中还要对一些具体参数进行修正，比如工作点的微调、温度的影响、元件通电老化、高频干扰和布线屏蔽等，所有这些，最终还是要在实验室里对真实的电路进行实际操作、调试和试做样机来完善。

对于学生来说，除了要求在学校学习和掌握一种以上EDA软件的应用之外，实验成绩也是一门专业课成绩的重要考量内容。很难想象一个未来有建树的电子工程师，在学校是不重视实验室实验或从不到实验室进行认真细致地电子电路实验的。

离开学校后，拥有一间属于自己的电子工作室，是广大电子爱好者的渴望。经过30年的改革开放，现在人们的物质生活条件已经有了相当的提高，在学习和实验方面投入一些资金，陆续添置一些电子仪器设备，建造一间属于自己的电子实验室，显得越来越现实和重要。它无疑会给电子爱好者带来无穷的乐趣和制作开发小电子产品带来诸多方便。在自己的电子实验室里可以练就一手好手艺而成为一名真正的DIY。

下面就如何配置和创建个人电子实验工作室谈谈自己的一点看法和几个建室方案，为准备在这方面有需求的个人作为参考，或许对你有些启发。

个人的电子实验室建室的一个主要原则是经济实惠。即要用最少的投入办最多的事情，或许有人会说这是不可能的，其实不然，采购一些大专院校闲置或淘汰的仪表仪器就是一个很好的选择，既省钱又实用。

据了解，一方面大专院校或科研单位，每年国家有专款下拨供院校或科研单位更新或添置新设备；另一方面，电子行业生产厂家每年又有更新更先进的仪表仪器上市。选优汰劣这是事物的发展规律，比如说早些年生产的电子管示波器 SBR-5、测晶体管特性的图示仪 JT-1 以及电子管XFD-6型低频信号发生器和电子管高频信号发生器XFC-6等仪器，又大又重噪声又响，而且耗电惊人，这些仪器是真正要退出历史舞台被淘汰的。但这里所说的“劣”，并非就是“坏得不能用”和“老掉牙”，许多晶体管的仪器仪表，比如双踪示波器SR-8，前几年还是挺时髦的，现在大专院校都配备了更先进的或进口的双踪示波器，对于个人来说，大专院校或科研单位淘汰下来的双踪示波器SR-8还是挺实用的，而且有的还是闲置多年基本上是全新的，价格却打成三、五折，一台才几百元，这只是其中一个例子。

关于二手仪器本刊已有多篇相关文章介绍，在此不再多说。下面给出三个具体的表格，其中个人电子实验室最低设备配置表1列出了最常用的一些仪器仪表，这些都是进行实验调试不可缺少的工具，合计投入才900元左右，就可以开始正常的实验测试了；基本设备配置表2则在最低配置基础上增加了几种常用的仪表仪器，能更好地进行实验测试；如果经济条件宽余或分批陆续增添仪器，能达到升级设备配置表3，那么在个人实验室里你就可以大显身手，实现许多梦想了。当然，配置仪器是没有底限的，多多亦善，以上配置的仪器还只能供一般的电子电路的测试及家用电器的维修等，还不能满足数字电路、高频电路、单片机开发、电路板制作、设计和研制电子小产品等方面的需求。

表1 个人电子实验室最低设备配置

序号	名 称	参考型号	估 价(元)		备 注
			闲置、旧	全新	
1	指针式万用表	MF47		28	保修半年，参见图1
2	函数信号发生器	S101	260		上海产，参见图2
3	双踪示波器	BS601	400		日本，20MHz，参见图3
4	双路直流稳压电源	DF1731		90	宁波产，参见图4
5	交流毫伏表	DA−16	100		参见图5
	小计				878元(仅供参考)

指针万用表 MF47

图1

- 直流电流　测量范围 0～5A
  精度 2.5%
- 直流电压　测量范围 0～2500V
  灵敏度 20kΩ/V
  精度 0～1000V 2.5%
- 交流电压　测量范围 0～2500V
  灵敏度 4kΩ/V
  精度 5%
  频率范围 45Hz～5kHz
- 晶体管直流放大倍数 h_{FE}　0～300
- 音频电平　测量范围 −10dB～+22dB

万用表是电子实验室必备检测工具之一，根据个人喜好可以在数字式和指针式之间选择。指针式万用表指示稳定，有它的一些特殊用途，比如检测电容器的好坏，看其漏电或充放电情况就必须要用指针式万用表。同时价格便宜，表1中选择南京产的MF47型质量较好。

双路直流稳压电源 DF1731

图4

- 双路稳压，双表头指示电压和电流
- 电流　0～3A 连续可调
- 电压　0～30V 连续可调

直流稳压电源是实验室少不了的设备，它给所有电子电路提供工作电源。表1中选择宁波产的DF1731型，主要是出于价格低，业余使用要求不高，经济实惠。

表2 个人电子实验室基本设备配置

序号	名 称	参考型号	估 价(元)		备 注
			闲置、旧	全新	
1	数字万用表	VC890C⁺		80	深圳胜利高仪表，参见图6
2	指针式万用表	MF47		28	配高压棒可测25000V，参见图1
3	电容表	CM7115A		90	可测0.1pF～20000μF，参见图7
4	函数信号发生器	S101	260		上海产，参见图2
5	双踪示波器	COS5021	880	九成新	进口，轻小便携，参见图8
6	双路直流稳压电源	DF1731		90	宁波产，参见图4
7	交流毫伏表	DA−16	100		参见图5
8	数字频率计	F2000		180	参见图9
	小计				1708元(仅供参考)

数字万用表 VC890C$^+$

图6

- 测量电阻　0.1Ω～20MΩ
- 直流电压　0.1mV～1000V
- 交流电压　1mV～750V
- 直流电流　0.01μA～20A
- 交流电流　1μA～20A
- 另附加有测电容和温度功能

数字万用表是最基本的检测工具，这里数字万用表选择国内知名品牌胜利高仪表VC890C$^+$型，C$^+$表示有测温度探头，兼有测温功能。

双踪示波器 BS601

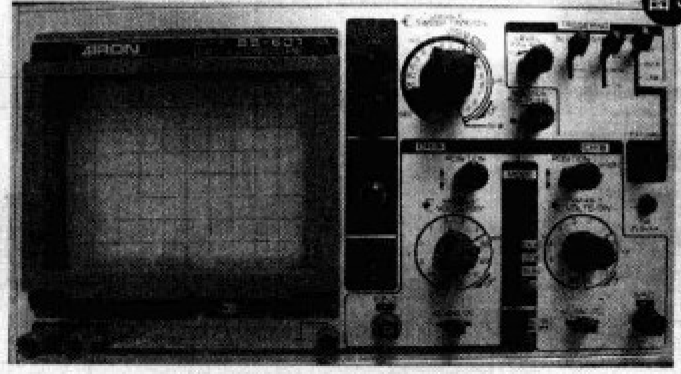


图3

- 双踪　20MHz
- Y轴灵敏度　5mV/div～20V/div
- X轴扫速　0.2μs/div～0.5s/div 有×5扩展
- 示波管　15cm方屏、内刻度
- 电源功率　220V/19W
- 外形尺寸　294(宽)mm × 162(高)mm × 352(长)mm
- 重量　7kg

示波器用来观察各种电子电路的各级波形，也是常用电子测量仪器之一。表1中选择日本产BS601型双踪示波器，能满足一般电子电路的测量、价格便宜实惠。

函数信号发生器 S101

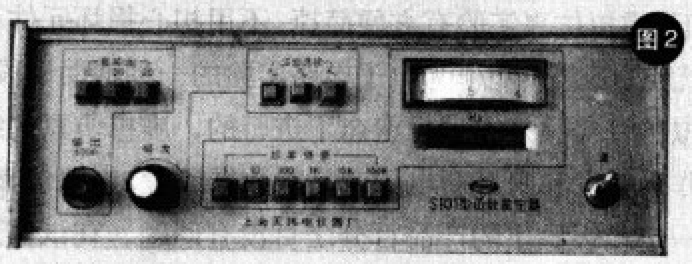


图2

- 频率范围　1Hz～1MHz分6挡
- 输出波形　正弦波、三角波、方波
- 输出电压　0～20V
- 正弦波失真度　1Hz～100kHz<3%
  100kHz～1MHz<5%
- 电源电压　220V、50Hz
- 外形尺寸　78mm × 220 mm × 280mm
- 重量　2kg

函数信号发生器作为输入电子电路进行检测的信号源，也是不可缺少的仪器之一。表1中选择上海无线电仪器厂生产的S101型，估计是早年产品，体积较大，只要各项性能指标良好，价格不贵还是很实惠的。

交流毫伏表 DA-16

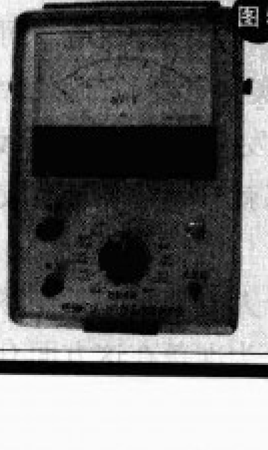


图5

- 测量交流电压范围 0.1mV～300V
- 测量频率范围 20Hz～1MHz
- 输入电阻　1.5MΩ
- 输入电容　10pF～50pF

交流毫伏表可以用来测量输入和输出信号电压的有效值、电路的交流纹波等。表1中选择DA−16型，价廉。

电容表 CM7115A

- 全新高精度电容表
  0.1pF～20000 μ F 高精度
- 精度
  0.5%(<2000 μ F)
  1.0%(2000 μ F)
  2.0%(20000 μ F)

图7

电容表可以较准确地测出电容器的容量大小，在选择振荡电路或充放电时间常数要求比较严格的情况下，电容表是非常有用的，表2中选择CM7115A型。

双通道交流毫伏表 YB2173

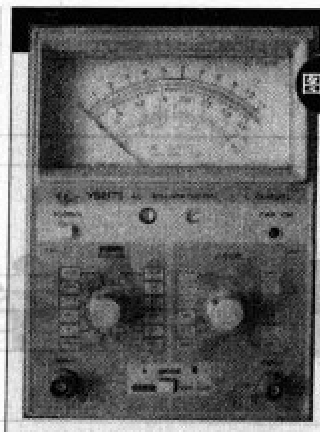


图12

- 电压测量范围　30 μ V～100V
- 测量频率范围　5Hz～2MHz
- 电压量程　300 μ V～100V，分12挡
- 分贝量程　-70dB～+40dB
- 电压测量误差　± 5%（满度值）
- 频率响应　20Hz～200kHz ≤ ± 3%
  5Hz～20Hz、200kHz～2MHz ≤ ± 10%

双通道交流毫伏表可以用来同时测量输入和输出信号电压的有效值，表3中选择YB2173型。其主要特点如下：用一个公用表头通过按钮开关切换可分别显示和观察两通道被测信号电压值；全塑料面框、台式机箱，外形美观；两路独立电压测量放大电路和量程转换开关；通过跟踪能方便地观察两个被测信号的差值。

双踪示波器 COS5021

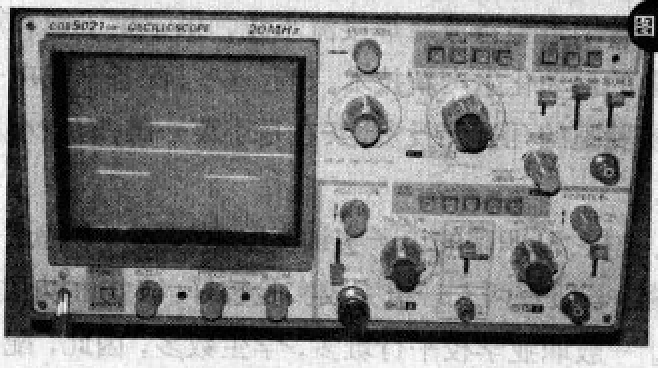


图8

- 双踪双扫描　20MHz
- 体积小、重量轻、灵敏度高，Y轴灵敏度
- Y轴灵敏度　5mV/div～5V/div 有 × 5 扩展
- X轴扫速　0.2 μ s/div～0.5s/div，有 × 10 扩展
- 示波管　15cm 方屏内刻度
- 电源 / 功率　220V/35W
- 外形尺寸　280(宽)mm × 150(高)mm × 370(长)mm
- 重量　7.5kg

表2中示波器选择日本进口COS5021型便携式双踪示波器，九成新、体积小、重量轻、灵敏度高。

表3　个人电子实验室升级设备配置

序号	名 称	参考型号	估价(元) 闲置、旧	估价(元) 全新	备 注
1	数字万用表	VC890C⁺		80	深圳胜利高仪表，参见图6
2	指针式万用表	MF500B型		66	南京产，参见图10
3	数字电感电容测量仪	LC9243		260	参见图11
4	函数信号发生器	S101	260		参见图2
5	双踪示波器	COS5021	880	九成新	进口，轻小便携，参见图8
6	双路直流稳压电源	DF1731		90	宁波产，参见图4
7	双通道交流毫伏表	YB2173	120	八成新	参见图12
8	数字频率计	F2000		180	参见图9
9	半导体管特性图示仪	XJ4810	1380	九成新	参见图13
	小计				3316元(参考价)

数字电感电容测量仪 LC9243

图11

- 电容测量　0.1pF～20000 μ F
- 电感 / 电导测量　0.1 μ H～200H
- 显示方式　3 ½ 位

数字电感电容测量仪选择LC9243型，全新。

数字频率计 F2000

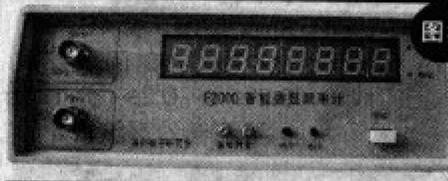


图9

- 频率范围
  10Hz～2.4GHz
- 可兼测晶振频率

频率计可用来作计数、直接测量电路的振荡频率及晶振频率等。表2中选择F2000型，全新。

半导体管特性图示仪 XJ4810

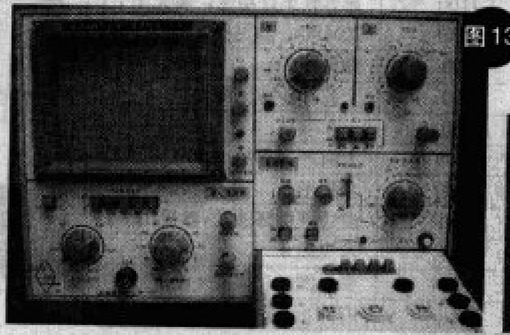


图13

- 集电极扫描电压　0～500V
- 集电极电流　0～5A

半导体管特性图示仪是个人实验室中非常实用的仪器，可以测量二极管、三极管的耐压、反向击穿电压、放大倍数等参数，选择XJ4810型，体积小。

指针式万用表 MF500B

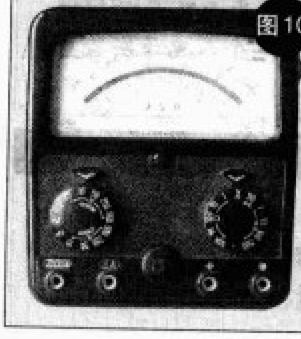


图10

- 直流电压　0～2.5V～10V～50V～250V～500V
  另有测2500V挡
- 交流电压　0～10V～50V～250V～500V
  另有测2500V挡
- 直流电流　0～50 μ A～1mA～10mA～100mA～500mA
- 电阻　1 Ω～10 Ω～100 Ω～1k Ω～10k Ω
- 音频电平　-10dB～22dB

指针式万用表选择南京产MF500B型，耐用、寿命长，全新保修一年。

表1～表3不包括高频通信电路实验部分、电路板制作、单片机应用等方面设备，仅满足一般低频模拟电子电路实验及家电维修等方面需求。

若读者对业余制作电路板有兴趣，请关注本期《电子实训实验室仪器配置方案》一文中关于LR-2008型热转印快速制版系统设备介绍或配备相片塑封机一台(280元)，稍作改装，即可实现PCB图的热转印，改装方法详见本刊今年第3期文章介绍。

电子实训实验室配置方案

文 / 杜建清

我国各省市、地县一般都办有许多职业高中、技校、高等职业学院，它们主要的培养目标是向厂矿企业输送具有一定操作实践技能的技术工人。它们的培养要求是应知应会，理论知识够用就行，而对实验的实际操作技能培养和训练显得更加重要和重视。有的职业学校干脆请一些能上讲台、有丰富实践经验或有一技之长的师傅讲课，上午半天讲具体应用知识，下午半天应用所学知识做出实际产品(比如上午讲裁剪知识，下午发布料做件衣服等)，一天就学会一种实用技术。重视和加强动手能力的培养、实用主义是他们的主要手段。因此，这些学校电子实训实验室所要配备的电子仪器，并不需要性能太高档，要耐用、品种丰富、套数要多。若能让学生在学校实训实验室里，就能接触和学会操作和接触到将来到企业所能碰到的仪器和生产环境，将极大地提高学生的就业率和促使学生更快地适应工作岗位。在我们这里，有所职业高中在这方面很舍得投资，前年曾投下巨资，一下子进了十几台数控车床、数控铣床供学生实习，数控车床每台动辄就是十几万，数控铣床每台近二十万；还有所高职院曾引进整条波峰焊接流水线，供学生了解和观摩电子行业的自动化生产新技术。比起这些，配备学校电子技能实训实验室的几万元投资，实在是小菜一碟，有点小巫见大巫了。

职高、技校、高职院的电子实训实验室的另一个特点是场地要宽敞，一般宜两人一组完成实验较好，彼此可以互相讨论商量。一般职业学校平行班多，学生数多，因此，配备实验组数要多，以满足学生实验需要。附表列出一般职高、技校、高职院的电子实训实验室电子仪器配备情况，仅供参考。表中为一组实验台配置，根据学校学生数和实验室规模大小需重复配备若干台组，由于是学校单位配置，就没有必要为了省钱而去采购闲置旧仪表仪器，应选择采购质量好、厂家信誉度高的新仪器。

附表 职业学校电子技能实训实验室参考配置

序号	名 称	参考型号	参考单价：元	备 注
1	指针式万用表	MF47	28	南京产
2	数字万用表	VC890C⁺	80	C⁺表示兼有测温功能
3	函数信号发生器	DF1641B1	1100	兼有频率计功能，参见图1
4	双踪示波器	DF4321A	1650	20MHz，参见图2
5	双路直流稳压电源	YB1732A	900	参见图3
6	交流毫伏表	DF2175A	300	宁波产，参见图4
7	数字电感电容测量仪	LC9243	260	
8	晶体管特性图示仪	QT-2	3000	上海产，参见图5
9	电路板热转印机	LR-2008B	1200	参见图6
10	快速腐蚀机	LR-2008B	260	腐蚀液循环流动，参见图7
11	高速钻孔台钻	LR-2008B	500	参见图8
12	手动剪板机	LR-2008B	520	参见图9
	小计			9798元(参考价)

双踪示波器 DF4321A

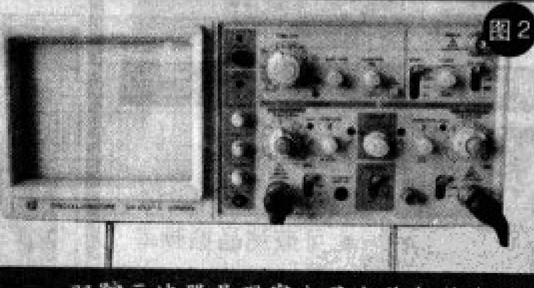


图2

- 进口示波管，双踪，20MHz
- Y轴电压量程 5mV～5V，分10挡
- X轴扫描时间 0.2μs～0.2s，分19挡
- 可测李沙育波形

双踪示波器是观察电子电路各种波形的测量仪器，建议选购DF4321A型，同类产品中价格较低，售后服务较好，便携式。

函数信号发生器 DF1641B1

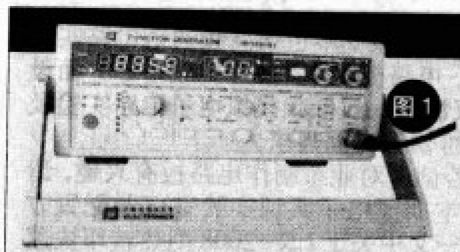


图1

- 频率范围　　0.3Hz～3MHz
- 输出波形有正弦波、方波、三角波、脉冲波、锯齿波等
- 输出电压幅度不小于 $20V_{p-p}$(空载)
- 3位LED显示
- 兼有频率计和计数器功能
- 轻触开关、金属外壳，其外形见图1

函数信号发生器作为实验室的测试信号源，可以选购DF1641B1型，它采用轻触开关、金属外壳。

指针万用表 MF47

万用表是电子测量中的最基本工具，指针式建议选择南京产MF47型或MF500型，表中列出为南京产MF47型，其图片及主要性能参数参阅本期《创建个人电子实验室》一文中图1和表1说明。

数字万用表 VC890C⁺

数字万用表可以选购深圳产、国内知名品牌胜利高仪表VC890C⁺，图片及主要性能参数参阅本期《创建个人电子实验室》一文图6和表2说明。

双路直流稳压电源 YB1732A

图3

- 具有稳压、稳流功能、两路电源可任意进行串联或并联
- 输出电压范围　　0~30V
- 输出电流范围　　0~2A
- 还有一路独立的5V/2A固定输出

稳压电源是实验室必备仪器，给电子电路提供电能。要求耐用，可以选购YB1732A型，其纹波小、精度高、数码显示、稳定性好；有主路、从路双路电压或电流输出。

交流毫伏表 DF2175A

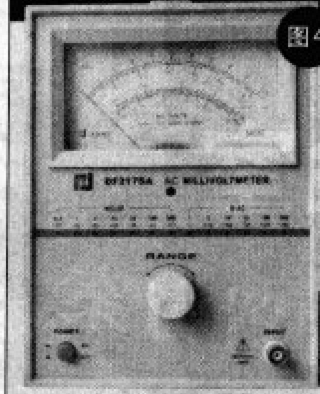


图4

- 测量电压范围　　30μV~300V
- 测量电压频率范围　　5Hz~2MHz
- 测量电平范围　　-90dB~+50dB
- 电压测量误差　　±5%
- 外形尺寸　　280mm×155mm×216mm
- 重量　　2.5kg

交流毫伏表用来测量信号电压的有效值、交流纹波等，可以选购DF2175A型，结构新颖、外形美观。

晶体管特性图示仪 QT-2

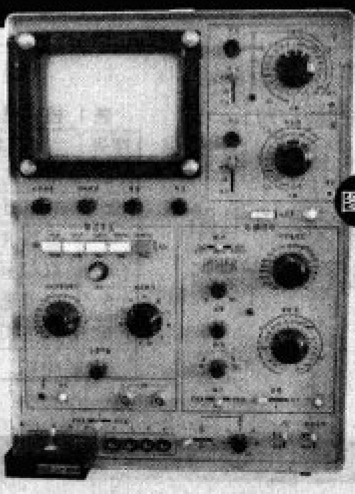


图5

- 集电极扫描电压　　0~500V
- 集电极电流　　0~5A

晶体管特性图示仪用来检测各种晶体管的电参数，非常方便。可以选购上海产的QT-2型，用它还可以测二极管耐压、电视机大功率行输出管最高反向击穿电压等，最高测试电压3000V。

数字电感电容测量仪 LC9243

数字电感电容测量仪可以用来检测电感量大小；电容量大小，是实验室很需要的工具，可以选购LC9243型。其图片及主要性能参数参阅本期《创建个人电子实验室》一文中图11和表3说明。

手工电路板制作设备

手工制作电路板技术，对于将来从事电子行业的学生来说，很有必要通过学习了解和掌握印制板的整个制作过程。有整套系列设备，这里介绍的是LR–2008B型快速热转印制版系统，包括电路板热转印机、快速腐蚀机、高速钻孔台钻、手动剪板机等。这套仪器不需要每组都配，只配备几套给学生轮流公用即可；或根据需要选择配备其中一、二种。

LR－2008B型电路板热转印机

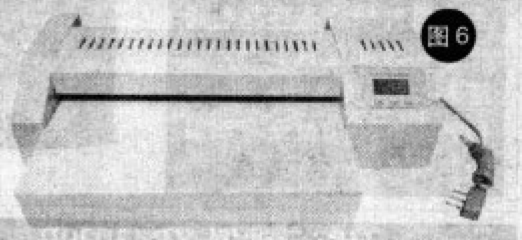


图6

- 采用单片机97C2051控制
- 最大可制作印制电路板　　200mm×300mm
- 工作电压　　220V±10%
- 电源功率　　620W
- 外形尺寸　　360mm×570mm×180mm
- 仪器重量　　7kg

LR–2008B型电路板热转印机，制版机对胶辊温度的测量及设置，电机转速在0.5~3转/分之间可调，电路板进入、退出、电源的开启、以及关机时为避免胶辊过温而设置的电动机延时停机功能等，均由轻触开关执行自动控制。转印效果好，设备性价比高。其照片参见图6所示。

LR－2008B型快速腐蚀机

图7

- 速度快，使用方便，无污染
- 外壳用优质PC塑料板制成
- 腐蚀液循环流动

LR－2008B型快速腐蚀机主要完成热转印后的敷铜板腐蚀，适用于学校实验室快速小批量制作电路板。腐蚀液经由耐腐蚀水泵循环流动，通过储水槽平缓流出，对印制电路板没有冲刷作用，因而可以腐蚀出较精细的电路板。其外形参见图7。

LR－2008B型手动剪板机

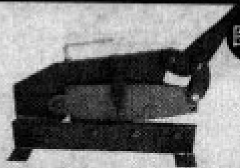


图9

- 铸钢底座，底板有孔，便于固定
- 剪板长度不受限制，可连续进料，无剪痕
- 剪板厚度　　0.2mm~4mm
- 重量　　12kg

LR－2008B型手动剪板机并非业余制板必备设备，但作为学校实训基地，在学生制板有一定批量的情况下，有了它，在取材时可以达到事半功倍的效果，比手剪或锯裁敷铜板，无论是精度质量方面，还是快速省力方面都强得多，其外形参见图9。

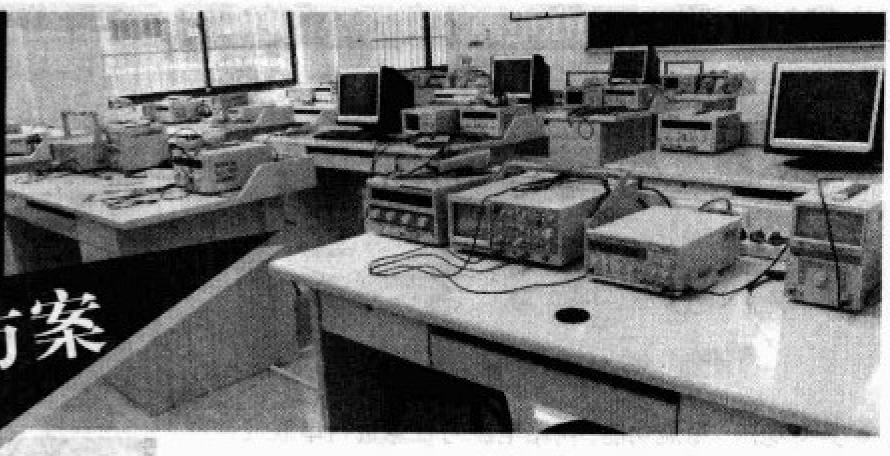
LR－2008B型高精度小型台钻

图8

- 工作台尺寸　　170mm×170mm
- 电源电压　　220V/50Hz
- 额定功率　　100W
- 额定电流　　0.55A
- 空载转速　　10000r/mim
- 钻头直径　　0.6mm~6.5mm

LR－2008B型高精度小型台钻主要用于电路板的钻孔加工，具有速度快、噪声小、寿命长、钻孔无摆动、钻头折断率较低等特点。微钻夹头范围大，支持从0.6mm~6.5mm直径钻头，是理想的手动快速钻孔机。电机采用单相串激电动机，转速高，过载能力强，其外形参见图8。

创新电子实验室配置方案



文/凌 锋

大专院校一般有专门电子实验楼，其内细分为许多基础实验分室和专业实验分室，是学生完成对应课程实验的场所。下面列出表1和表2是某大专院校模拟电路基础实验分室和数字电路基础实验分室的电子仪器设备配置情况供参考。

表1 模拟电子基础实验分室参考配置

序号	名 称	参考型号	参考单价（元）	备 注
1	指针式万用表	MF10	280	上海产，参见图1
2	数字万用表	VC890D	80	参见图2
3	函数信号发生器	YB1620	2150	含频率计功能，参见图3
4	双踪示波器	YB43020B	2400	参见图4
5	交流毫仪表	DF2175A	300	
6	模电实验箱	TPE-3A	1040	含直流稳压电源，参见图5
	小计			6250元(参考价)

指针式万用表MF10

图1

- 电阻　×1、×10、×100、×1k、×10k、×100k共6挡
- 直流电压　1V、2.5V、10V、50V、100V、250V、500V共7挡
- 直流电流　10μA、50μA、100μA、1mA、10mA、100mA、1000mA共7挡
- 交流电压　10V、50V、250V、500V共4挡
- 可测音频电平

万用表是实验室最基本测量仪表之一。MF10型万用表，是指针式万用表中质量较好的一种，坚固耐用，测试量程宽。

数字万用表VC890D

- 电阻　0.1Ω～20MΩ
- 直流电压　0.1mV～1000V
- 交流电压　1mV～750V
- 直流电流　0.01μA～20A
- 交流电流　1μA～20A

图2

数字万用表选购深圳产、国内知名品牌胜利高仪表VC890D型或VC890C+，两者性能、价格均一样，区别只是VC890D型没有测温功能而已。

函数信号发生器YB1620

- 输出波形　正弦波、方波、三角波、脉冲波、斜波、50Hz正弦波
- 频率范围　0.2Hz~20MHz
- 兼有频率计和计数功能　5位LED显示
- 输出电压幅度　$20V_{P-P}$(1MΩ)、$10V_{P-P}$(50Ω)
- 输出电压指示　3位LED显示

函数信号发生器是模拟电路基础实验室基本仪器之一，它作为信号源，输给电子电路各种波形的电压信号。选购YB1620型，具有所有端口具有短路和抗输入电压保护功能，轻触开关，金属外壳。

图3

双踪示波器YB43020B

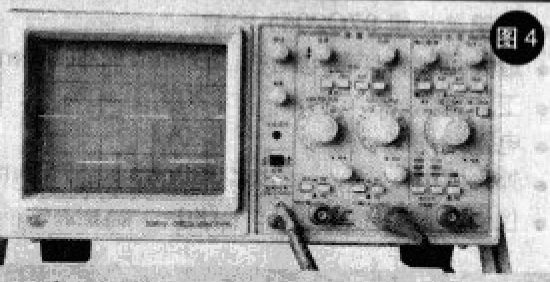


图4

- 双踪、20MHz
- Y轴灵敏度　5mV/div～5V/div，分10挡
- X轴扫速　0.1μs～0.2s，分20挡

双踪示波器用来观察电子电路的各级波形，从屏幕上可以直接读出信号波形的周期和电压峰峰值，选购YB43020B型。

模电实验台TPE-A3

- 可做模电实验20多个
- 内带多路稳压电源

一般模拟电子电路实验在实验箱中进行，箱内面板上细分许多单元电路，通过连线组成各种实验测试电路，选购北京产TPE-A3型，实验箱面板外观见图5。

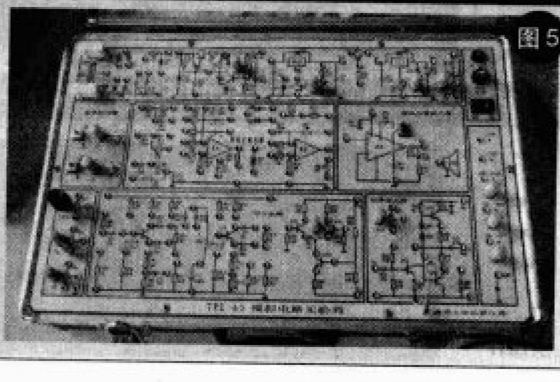


图5

交流毫伏表DF2175A

交流毫伏表可以用来测量信号电压的有效值和电路的交流纹波大小等，选购DF2175A型，其图片及主要性能参阅本期《电子实训实验室配置方案》一文中图4和附表说明。

表2 数字电路基础实验分室参考配置

序号	名 称	参考型号	参考单价（元）	备 注
1	数字万用表	VC890D	80	参见图 2
2	双踪示波器	YB43020B	2400	参见图 4
3	数电实验箱	THD−1	1350	含直流稳压电源，参见图 6
	小计			3830 元(参考价)

表2和表1均为两人一组实验配置，根据学生数和实验室规模大小需重复配备若干组；有条件的学校最好实行一人一组实验，以培养学生的独立实验操作能力。

为了培养大专院校学生的创新能力和学生进行课程毕业设计及参加全国大学生电子竞赛等的需要，大专院校应当创建开放式的创新电子实验室，以满足学生完成开放设计实验和科研课题、设计产品和制作样机等需求。相对来说，电子创新实验室设备应当更齐全一些，涉及面更广一些，性能更先进一些。同样它的投入也是没有底限的，现将某院校创新电子实验室设备最基本的配置列在表 3 中，仅供参考。

表3 创新电子实验室参考配置

序号	名 称	参考型号	参考单价（元）	备 注
1	指针式万用表	MF10	280	参见图 1
2	数字万用表	VC890D	80	参见图 2
3	函数信号发生器	YB1620	2150	兼频率计，参见图 3
4	双踪示波器	YB4340C	2630	参见图 7
5	数字存储示波器	ADS7042CN	2880	40MHz，500MS/s，参见图 8
6	双路直流稳压电源	YB1732A	900	
7	交流毫伏表	YB2172	1000	参见图 9
8	数字电感电容测量仪	M−6243	510	*参见图 10
9	晶体管特性图示仪	QT−2	3000	*
10	扫频仪	BT3C−A	1380	*参见图 11
11	单片机仿真器	TKS−668B	1400	*参见图 12
12	单片机编程器	X5	1350	*参见图 13
13	单片机仿真实验台	Dais−2CPU⁺	1700	*参见图 14
14	热转印快速制板套件	LR−2008B	2080	*
15	电脑	奔 4	3000	*
16	激光打印机	hp1020	1200	*
17	高速高精度台钻		1400	*
	小计			26940 元(参考价)

双踪示波器 YB4340C

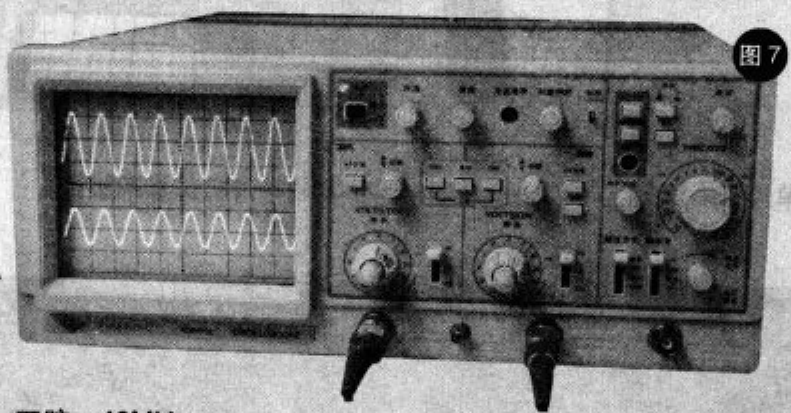


图 7

- 双踪、40MHz
- Y 轴灵敏度　5mV/div~10V/div 分 11 挡
- X 轴扫速　0.1μs~0.2s 分 20 挡

双踪示波器是测试和观察各种电路波形的终端设备，创新实验室要求配置频率更高一些，有条件可以配置60MHz或更高，这里选购YB4340C型。

数字万用表 VC890D、双踪示波器 YB43020B

表2中数字万用表VC890D和双踪示波器 YB43020B和模电实验室相同，其图片及主要性能参阅图2和图4及表1说明。

数电实验箱 THD-1

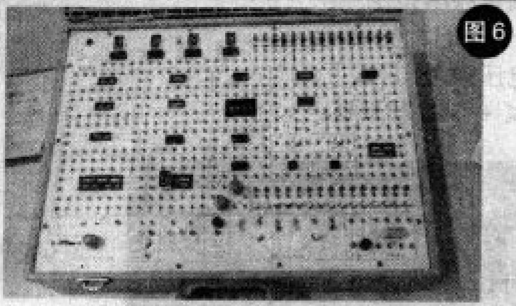


图 6

- 有±5V和±15V直流稳压电源
- 内有单脉冲、1kHz连续脉冲源

一般数字电路实验都在实验箱中进行，箱内面板上除备有多种量程稳压电源、开关、电位器、脉冲信号、数码显示管等共用元器件外，并有各种规格DIP封装双列直插式集成电路插座，供实验时插入不同的数字集成电路模块，学生通过短路线连接电路进行实验测试，可以选购杭州产的THD−1型数电实验箱。

指针式万用表 MF10、数字式万用表 VC890D 函数信号发生器 YB1620

表3中的MF10型指针式万用表、VC890D型数字式万用表、YB1620型函数信号发生器，图片及主要性能参数参阅图1、图2、图3和表1说明。

数字存储示波器 ADS7042CN

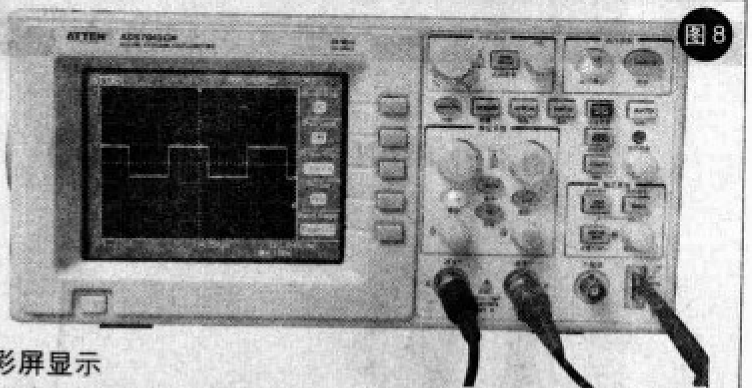


图 8

- 彩屏显示
- 双踪、40MHz
- 采样速率，500MS/s

为了观察测试一些周期特别短暂的尖脉冲信号、脉冲上升沿、下降沿等，或要对波形进行反复观察和比较分析、对信号波形进行数据采集等，创新实验室需要配备数台数字存储示波器。选购深圳产安泰信ADS7042CX型存储示波器，在同类产品中具有较高的性价比，经济实惠。

双路直流稳压电源 YB1732A 晶体管特性图示仪 QT-2 热转印快速制板套件 LR-2008B

表3中的YB1732A型双路直流稳压电源、QT−2晶体管特性图示仪、LR−2008B型热转印快速制板套件，图片及主要性能参数参阅本期《电子实训实验室配置方案》一文中的图3、图5、图6～图9和表格说明。

交流毫伏表 YB2172

- 测量交流电压范围
  0.1mV ～ 300V 连续可调
- 测量音频分贝
  -60dB ~ +50dB 连续可调
- 电压测量频率范围
  5Hz ～ 2MHz
- 测量电压误差
  满度≤＋3%（1kHz）

交流毫伏表是电子测量基本仪器之一，选购 YB2172 型，设计新颖、外形美观、电子开关、调节平稳。

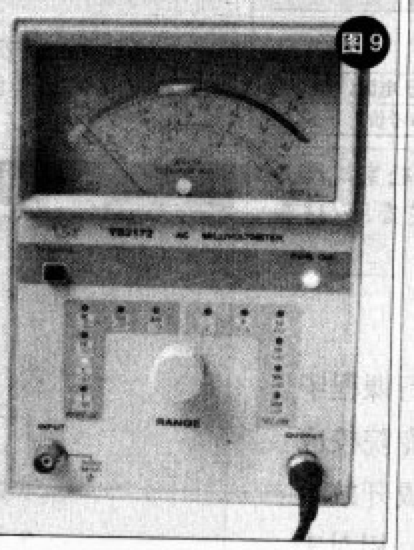


图 9

数字电感电容测量仪 M-6243

- 测量电容
  0.01nF～2000μF
- 测量电感
  0.01mH ~ 200H

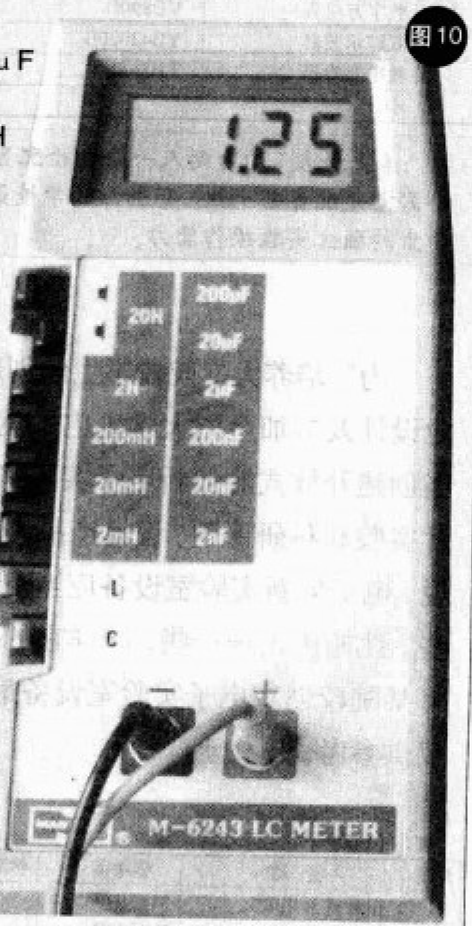


图 10

数字电感电容测量仪可方便地用来测量电感电容的数值，特别在像LC振荡电路等需要准确选用电感电容数值的情况下，数字电感电容测量仪就非有不可了，选购 M-6243 型。

扫频仪 BT3C-A

- 扫频频率范围
  0～300MHz 分 3 挡连续可调
- 频偏　± 0.5MHz ~ 15MHz
- 输出阻抗　75 Ω
- 电源功率　小于 40W
- 外形尺寸　240mm × 310mm × 400mm
- 重量　13kg

频率特性图示仪俗称扫频仪，可以用来测试电路的幅频特性曲线。如电路的通频带宽、鉴频曲线、谐振中心频率等。选购南京产 BT3C—A 型。

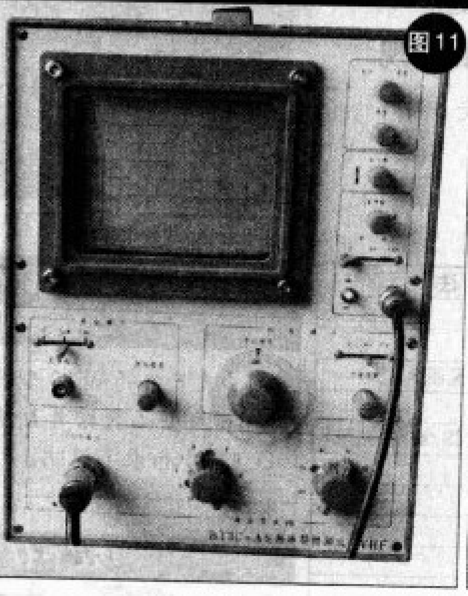


图 11

单片机开发工具

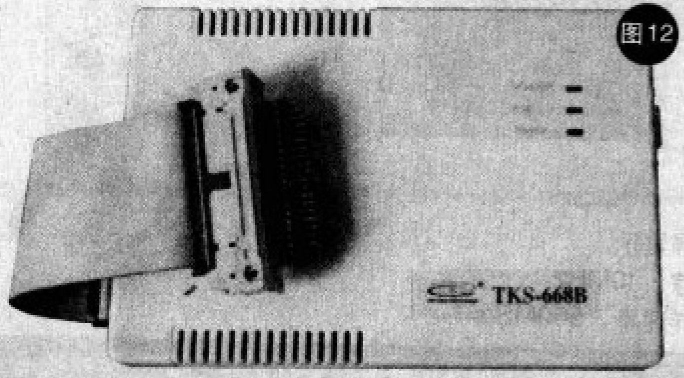


图 12

TKS-668B 型单片机仿真器

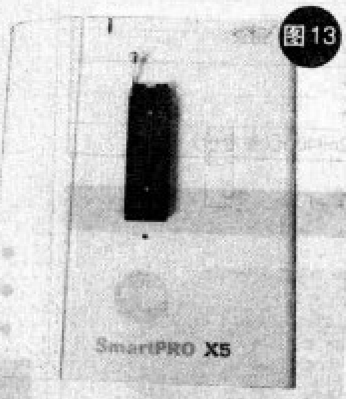


图 13

X5 型单片机编程器

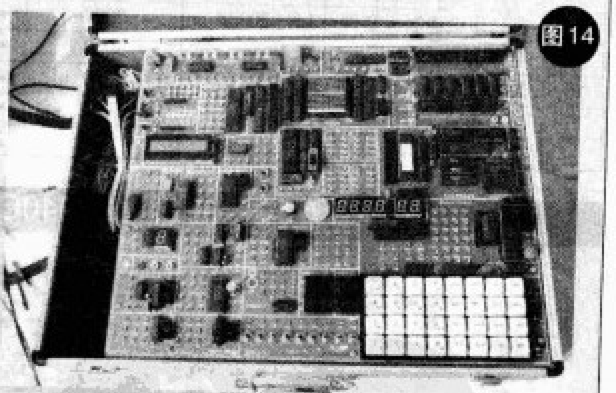


图 14

Dais-2CPU⁺ 型单片机仿真实验台

单片机仿真器、单片机编程器、单片机仿真实验台这 3 台仪器在学生进行设计、开发和研制产品时，是非常有用的设备，单片机仿真器可以选购广州致远产品 TKS—668B 型；单片机编程器可以选购 X5 型，其特点是耐用，烧制芯片速度快。单片机仿真实验台可以选购江苏产 Dais—2CPU⁺ 型。

电脑主要用于虚拟仿真、单片机编程、PCB 电路板设计等，是学生创新实验室必备设备；惠普激光打印机和高精度高速台钻主要用于 PCB 制板打印和制板。

表 3 中仪器配备为每一台组配置，根据场地大小合理配置多组；备注栏中打“*”者，不需要每台组配置，可以酌情配置几台，供需要时轮流共用。题图为某校学生创新电子实验室局部照片。

能模拟汽车传感器的专用信号发生器

文/林元新

汽车电子控制装置越来越多，这些装置虽然功能各异，系统的复杂程度也不相同，但是都少不了传感器、控制器和执行器。其核心的关键部件是控制器（俗称汽车电脑），它的可靠性虽然高，但长时间服役也难免出现故障，而要维修汽车电脑内部电路也不是像检测汽车线路那么容易，如果不借助一些必要的工具，只能直接更换汽车电脑，成本较高。本文介绍的汽车专用信号发生器，就让汽车电脑的检修成为可能。

汽车专用信号发生器有什么用

在维修汽车电脑等部件时往往要“离线”检测。所谓“离线”就是在工作室里模拟工作过程，以便快速准确地排除故障。检测工具除了万用表、示波器、电烙铁这些通用工具外，汽车专用信号发生器也必不可少，该信号发生器可以重复再现工作过程，检修技术人员通过监测工作过程判断故障点。汽车发动机控制系统工作时要采集大量传感器信号，但其中一个主要信号是曲轴传感器，曲轴信号不但反映转速信号，还有位置信号，因为在一周连续信号中有缺信号，通常是58个连续齿，然后缺两个齿形。这个缺齿信号对应着汽缸上止点，也就是喷油点火的时间。当这个信号有问题时表现为不喷油、不点火。也就是说当我们给发动机电脑输入正确的曲轴传感器信号时发动机电脑便可以正常的控制喷油点火。信号发生器的应用也是基于此。当我们用汽车专用信号发生器给发动机电脑输入这样一个特定的58+2信号，在工作室就可以模拟发动机的多种工作状态。

上述机理的维修方法，在汽车电脑维修业已经普遍使用。特别是发动机电脑、车速里程表、发动机转速表的维修与检测。本文主要讲叙的是汽车专用信号发生器的原理与初步应用。

信号发生器工作原理

汽车信号发生器和汽车电脑一样，也是嵌入式微控制器的应用产品，它是产生特定传感器信号的专用仪器，可用于维修和教学演示。

汽车上主要有两大类传感器，一类为霍耳传感器，另一类为磁电传感器，信号发生器能产生类似这些传感器输出波形的信号。设计信号发生器先要研究传感器的电气特性，磁电传感器的电气原理图如图1所示，磁电传感器虽然其输出波形一般是正弦波，但关键特性是两输出端对于其汽车电脑的信号处理电路是悬浮状态。霍耳传感器在汽车上应用处于下拉状态，也就是低电位有效。掌握了其特性，笔者设计了如图5中所示的磁电、霍耳信号驱动电路。波形由嵌入式微控制器产生。图2是在车上采集的波形，因为不同型号的发动机信号盘齿形有差别，实际输出波形不尽相同，但是波形的整体结构和特性基本一致。本信号发生器输出的波形如图3所示，此波形信号驱动发动机电脑工作，电脑对喷油、点火等输出控制正常。经验证效果非常好。

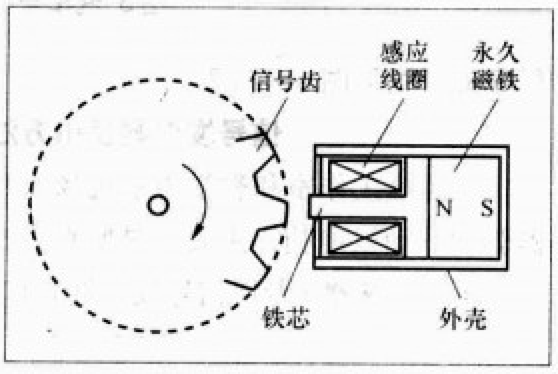


图1 磁电传感器原理图

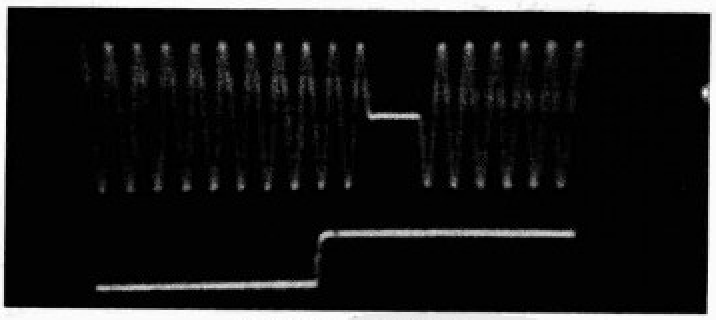


图2 采集到的波形

信号发生器主要由数码管、电位器、转换开关、电源输入口、信号输出口以及外壳组成。四位LED数码管显示信号频率、电位器调节信号频率、开关转换方波信号和磁电信号输出。其实物如图4所示，内部电路原理如图5所示，7805为线性稳压芯片，给单片机ATmega8提供稳定的5V电源，电位器的分压通过A/D转换后作为频率输出参数，调节可改变频率大小。ATmega8输出口直接驱动LED显示。ATmega8内部资源丰富，这里主要用到A/D转换器调节输出频率，PWM模块用来产生波形。而端口驱动能力强，直接可以驱动LED。软件采用C语言编程，主程序和中断

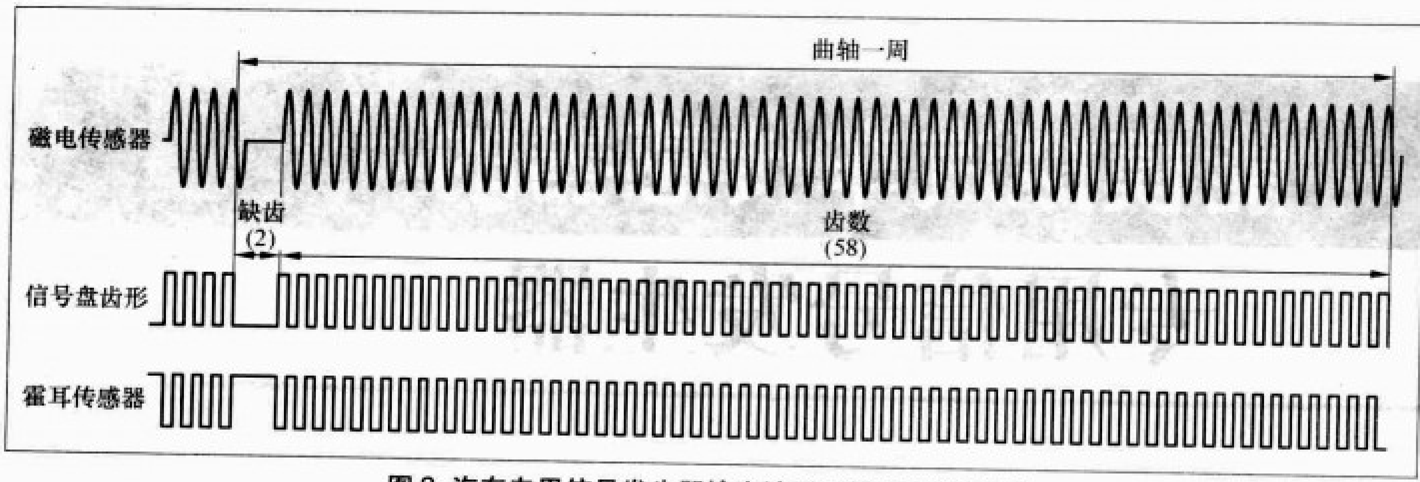


图3 汽车专用信号发生器输出波形（模拟曲轴信号）

图4

程序流程图见图6、图7。

信号发生器使用方法

在维修工作室和教学演示现场，我们用专用信号发生器驱动发动机电脑，主要就是要看到发动机电脑的工作状态，现在传感器（专用信号发生器）有了、控制器（发动机电脑）有了。执行器的模拟通常是：采用继电器来模拟喷油器等感性执行器件，采用发光二极管模拟指示点火器、怠速电机、油泵继电器、风扇继电器等工作状态。一类简单的传感器如水温、进气温度传感器等电阻信号用电位器来模拟，进气压力等电压信号也用电位器经分压后模拟。用转速表（或频率计）指示发动机转速。当我们建立了这样一个如同一辆车上接近完整的发动机控制装置，就可以轻松地重复系统工作过程，清晰显示各部件工作状态，达到维修和教学演示的目的。

具体使用过程如下：接通电源，调节信号发生器的频率旋钮，当频率指示在1200Hz时，对应发动机转速是1200r/min，这时可以观察到模拟喷油器的继电器有节奏地“吧嗒”响，模拟点火器的发光二极管闪烁。实际维修中功率元件，如驱动喷油器等电路出故障几率大。所以这时

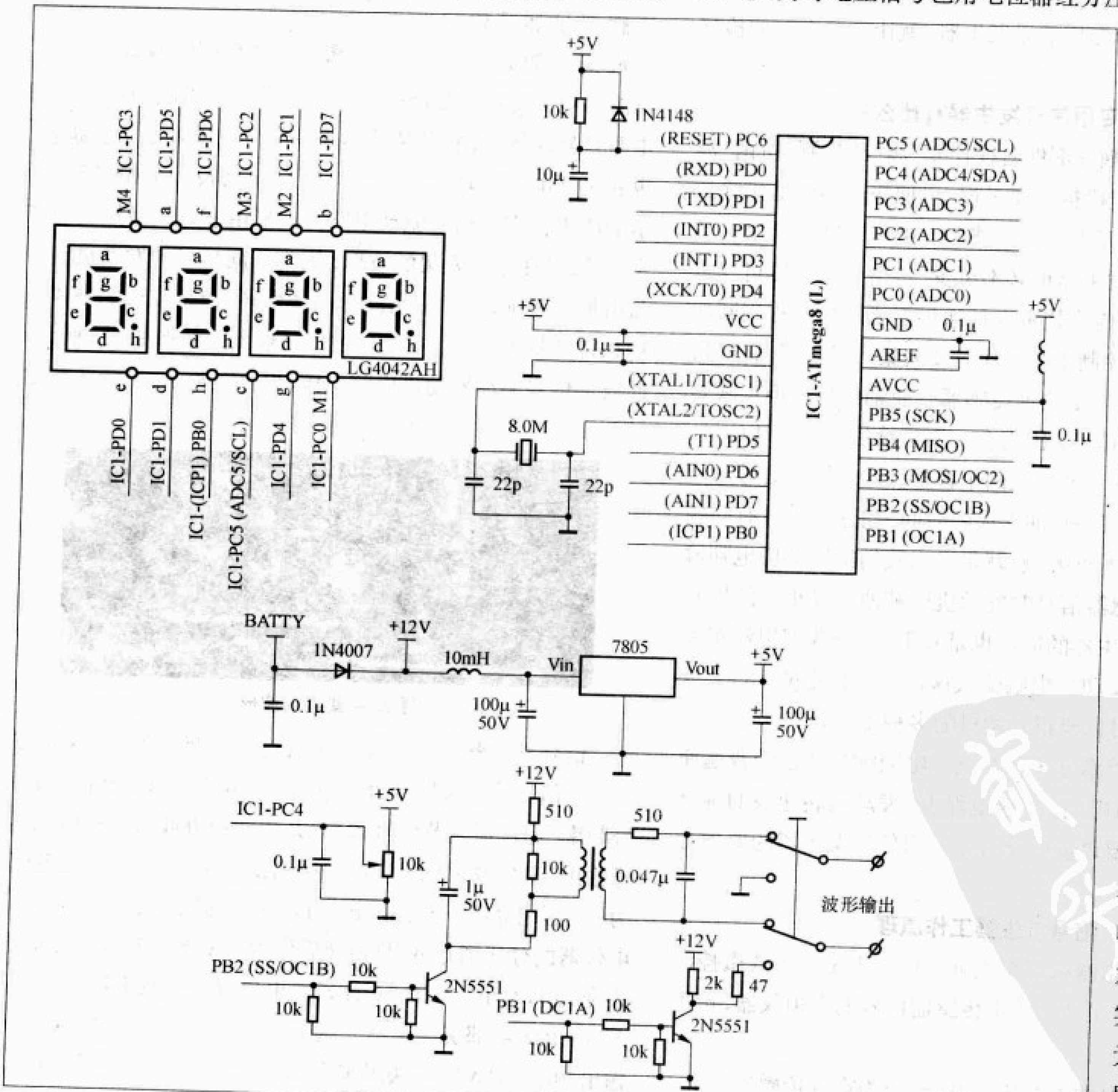


图5 信号发生器电气原理

数字示波器 vs 模拟示波器

文/魏 坤

示波器是设计人员或维修人员观察波形的窗口，它能够最直观地反映被测量信号的波形，为电路设计以及检修带来很大的方便。

早期示波器由于技术落后以及元器件误差等问题只能显示电压随时间的变化，精度较低，故只作定性的观察。随着电子技术的发展，改进的示波器具备一定的定量测量能力，可以测量幅度和时间以及它们的变化情况。但是如果要记录和比较波形，只能借助照相机和示波管的长余辉效应，不仅效率低而且精度差。

模拟示波器的频率特性由垂直放大器和阴极示波管来决定。20世纪80年代示波器引入数字处理和微处理器，出现了数字示波器，现在把模拟示波器称为模拟实时示波器（ART示波器），数字示波器称为数字存储示波器（DSO示波器）。

模拟示波器需要与带宽相适应的放大器和阴极射线示波管，随着频率的提高，对阴极射线示波管的工艺要求严格，成本增加，存在技术瓶颈。而数字存储示波器只要与带宽相适应的高速A/D转换器，其他存储器和D/A转换器以及显示器都是较低速的部件，显示器可用LCD平面阵列和彩色屏幕。借助现在先进的高速数字电子技术以及DSP技术，数字存储示波器的设计及生产已不存在瓶颈问题。数字存储示波器采用微处理器和数字信号处理器作控制和数据处理，使数字存储示波器具有超前触发、组合触发、毛刺捕捉、波形处理、波形记录、长时间波形存储输出等模拟示波器所不具备的功能，目前数字存储示波器在许多方面都超过模拟示波器的性能，但并非模拟示波器就一无是处。

使用模拟示波器和数字存储示波器通常都能很好地观察简单重复性信号。但是两者各有其优点和局限性。

如果要进行调整工作，那么一般最好使用模拟示波器。这是因为模拟示波器的实时显示能力使它在每时每刻都能显示出输入的电压。其波形更新速率（每秒钟在屏幕上描画扫描轨迹的次数）很高，在高扫描速度时可以远超过100000

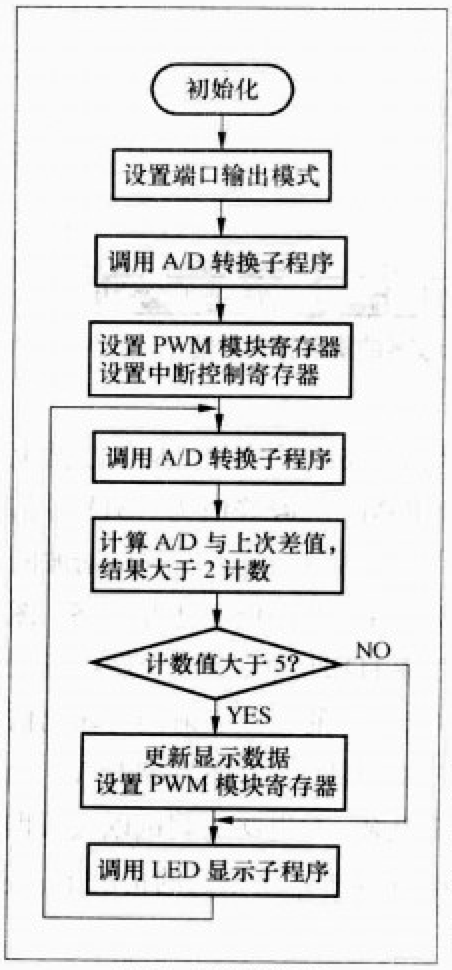


图6 主程序流程

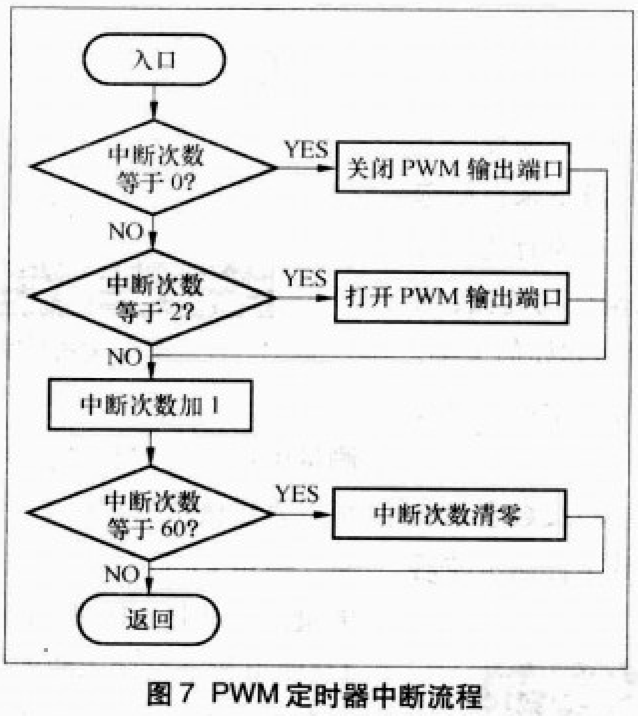


图7 PWM定时器中断流程

对应输出指示会异常。当我们对电路维修后，如果故障排除了，就能看到正常的输出。这是维修电脑板的应用。

教学演示也是汽车专用信号发生器的主要应用之一。当我们调节信号发生器的输出频率，我们可以看到启动、怠速、超速等发动机工作过程。如调节模拟水温传感器的电位器可以看到风扇的工作过程。怠速步进电机的工作也清晰可见。如果接入K线汽车诊断仪，查阅数据流可以看到更多的信息。

本文只是粗略地介绍了汽车专用58+2信号发生器的原理，并简单说明了在发动机电脑维修和教学中的应用，希望能达到抛砖引玉的作用。58+2信号在汽车维修测试领域使用非常广泛，而一般通用函数信号发生器没有这种特殊信号输出功能。这种仪器外形小巧携带方便，成本低经济实用。有了这个信号发生器，要产生其他的类似58+2缺齿传感器信号，如22+1、57+1等传感器专用信号，只要对程序稍作修改就可以实现，本期配刊光盘中有源程序，感兴趣的读者不妨试一试。

次扫描／秒。所以信号的任何变化都会立即显示出来。与模拟示波器相反，数字存储示波器所显示的是用采集的波形数据重建的波形。所以其波形更新率远低于模拟示波器，结果在信号发生变化和变化了的信号在屏幕上显示出来之间就有了明显的时间延迟，这是数字存储示波器的重大缺点。

模拟示波器由于CRT的余辉时间很短，因而难于显示频率很低的信号。由于示波管上的扫描轨迹亮度和扫描速度成反比，所以具有快速上升、下降时间的低重复速率信号就很难看到。而数字存储示波器的扫描轨迹亮度和扫描速度与信号重复速率无关，故可以很好地反映出来。对于显示具有较高重复速率的重复性信号的快速上升、下降沿，数字存储示波器和模拟示波器的性能几乎没有什么区别。用两种示波器都能很好地观察信号波形。当要进行信号参量的测量时，数字存储示波器的优点在于具有自动测量的能力。而使用模拟示波器时，则必须自己设置光标、分析理解显示的波形才能得到测量的结果。

虽然数字存储示波器的总体性能很优秀，但并非全部优良性能都能体现在同一部示波器内，亦即每部数字存储示波器都会有一定特点，也有某些不足，在选择示波器型号时应该留意对比。比如有些型号的数字存储示波器具有与模拟示波器一样的波形更新率，有些型号却没有，有一种数字存储示波器具有模拟示波器的荧光屏三维图形显示能力，而大部分数字存储示波器不具备这种性能。大部分数字存储示波器实时带宽与单次带宽相同，但也有只保证实时带宽的数字存储示波器。

在使用数字存储示波器进行简单测量时，只需点一下“Auto-Scale”键，示波器就会根据你输入的波形来自动选择合适的灵敏度与合适的扫速进行波形显示，而且还会自动测量出幅度、频率等参数，而不需要你去动任何旋钮。当然别让这个键把你惯坏了，碰到模拟示波器不知如何下手，就跟现在许多用惯数字万用表的人不知如何在指针万用表上读数一样，这就不好了。

图1为一台模拟示波器图片。图2为一台高级数字示波器图片。图3为笔者用一台安捷仑54621D数字存储示波器

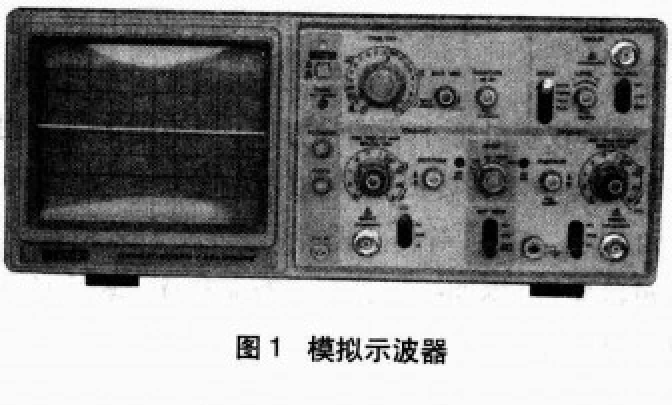


图1 模拟示波器

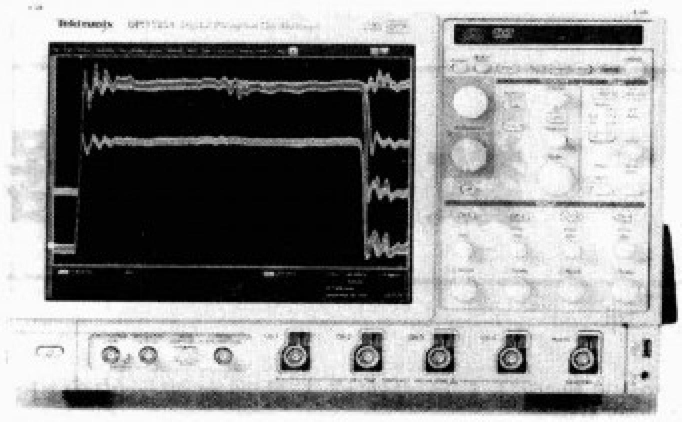


图2 高级数字存储示波器

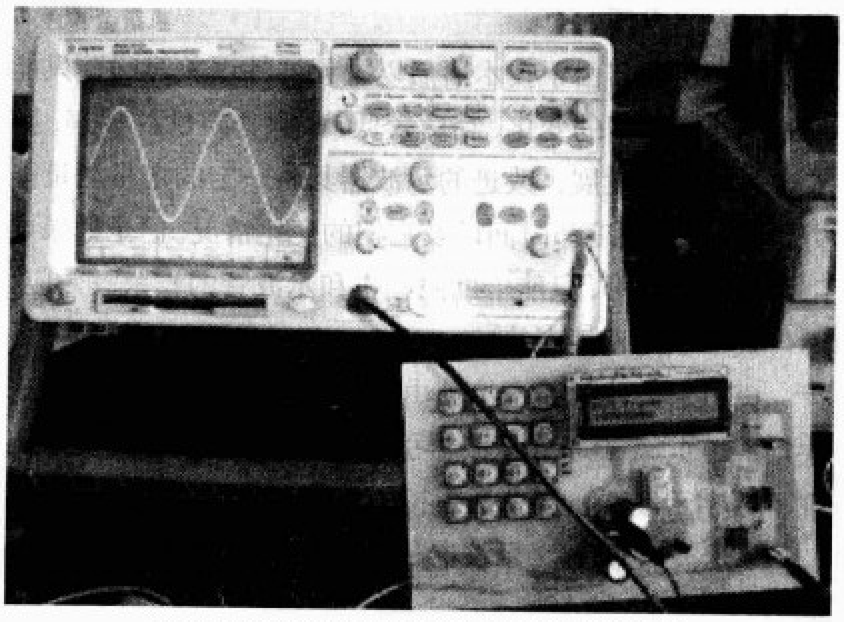


图3 使用数字示波器测量DDS频率合成器

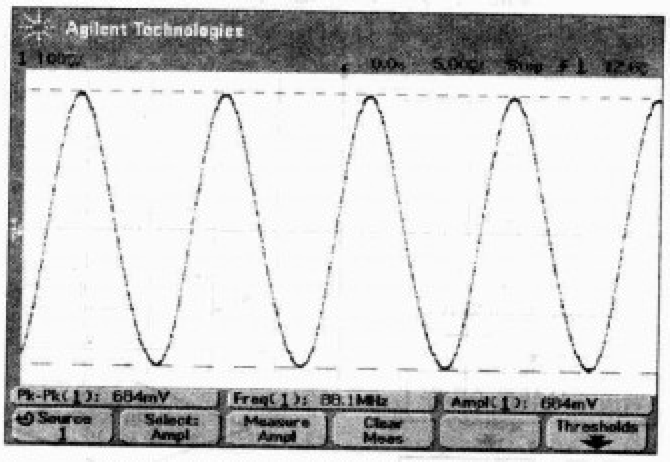


图4 使用数字示波器的屏幕打印功能

测量由AD9851组成的数字频率合成器的波形，从示波器上可以直接读出信号频率为10.00MHz，峰峰值为3.31V等信息，使用FFT（快速傅立叶变换功能）还可以看出谐波的能量谱，以此来调试DDS频率合成器的低通滤波网络。图4是使用数字存储示波器的屏幕打印功能，将波形图拷贝到软盘上。被测信号是用BH1415制作的调频发射器的输出信号，从图上可以看出频率为88.1MHz、峰峰值684mV，扫速、灵敏度、触发方式也一览无余，对电路的调试以及数据指标的测量带来很大的方便。在要求不是很高的情况下，还可以代替频率计用。

电子血压计
电路结构和工作原理

文/成 语

电子血压计具有操作简便，显示直观，测量精度较高，不需要听诊器和专业人员等特点，现已是家庭保健的常用仪器。为维修方便，对日本OMRON（欧姆龙） HEN−423型电子血压计，进行了剖析，并实测绘出电路原理图。

HEM−423C型电子血压计采用袖带式、气压法进行血压测量，需手动充气加压，测量结果自动交替显示血压值和脉搏数。OMRON的另一种型号血压计（HEM−732C)采用自动加压方式，去掉了打气球，增加了一个气泵，电路和HEM−423C型基本相似。

一、仪器结构

整机由打气球、袖带、测量和显示部份组成（图1）。打气球和袖带与水银式血压计完全相同。测量和显示部分由气压传感器、LCD显示器、IC、电池等构成(图2)，电路结构框图见图3，电路原理图见图4。其中：

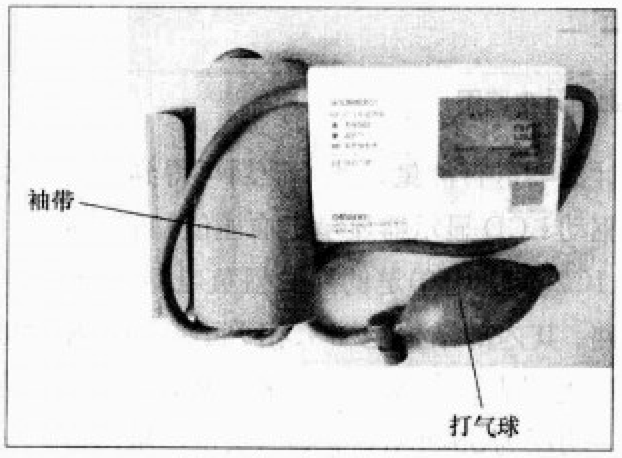


图1 电子血压计外形

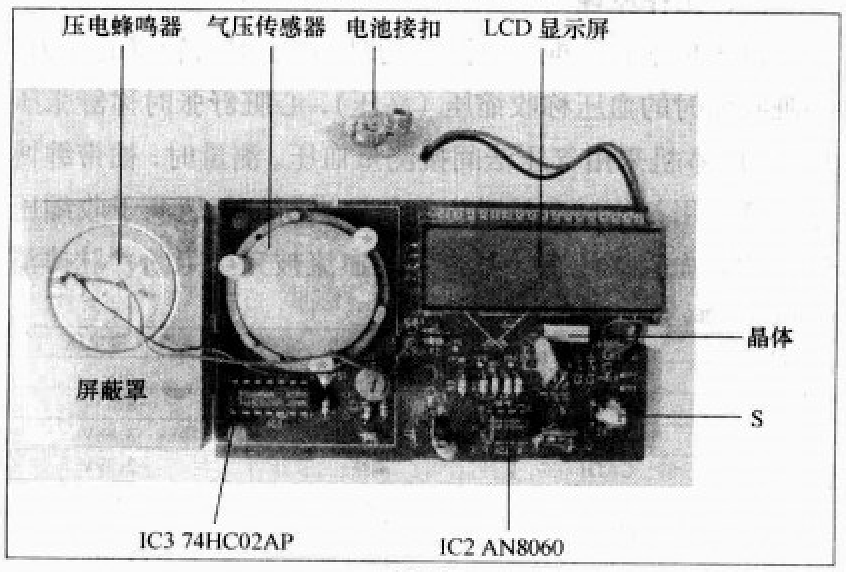


图2

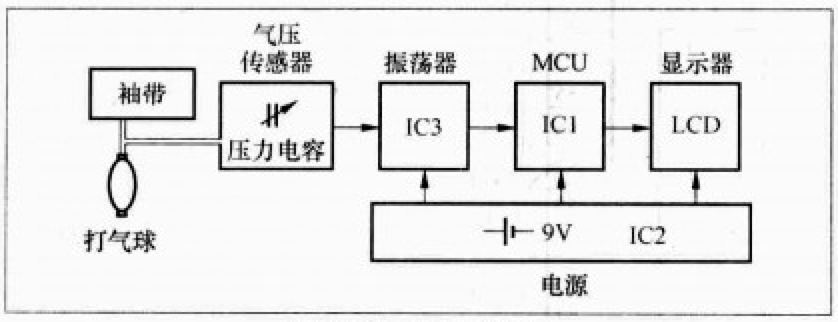


图3 电路结构方框图

1. C0为电容式气体压力传感器，其作用是把气压的变化转化为电容器容量的变化，是电子血压计中的一个重要部件。外形见图5、图6，内部结构见图7。电容器极板呈圆形，直径为30mm，静态时（不打气，显示为0.0kPa时）实测其电容量为17pF。当气体由进气口进入后，气室内的弹力膜将随气压高低而发生形变，从而带动电容器使其极板间的距离发生改变。由平板电容器原理可知，改变极板间距离，就可改变电容器的容量，气压越高，极板间距离越

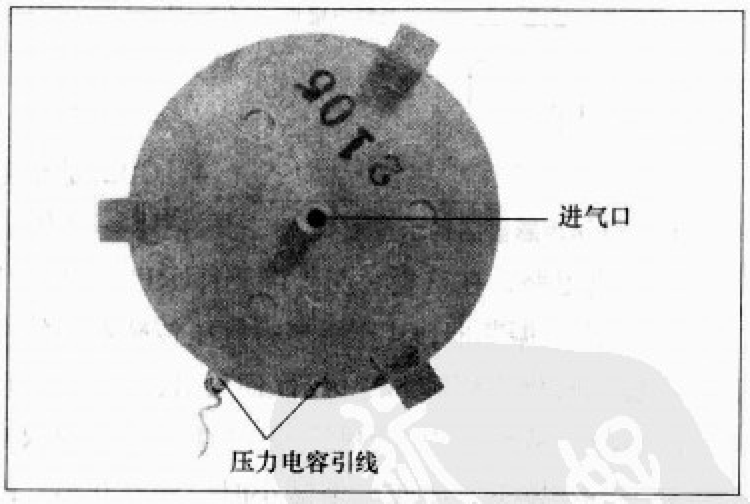


图5 气压传感器底面图

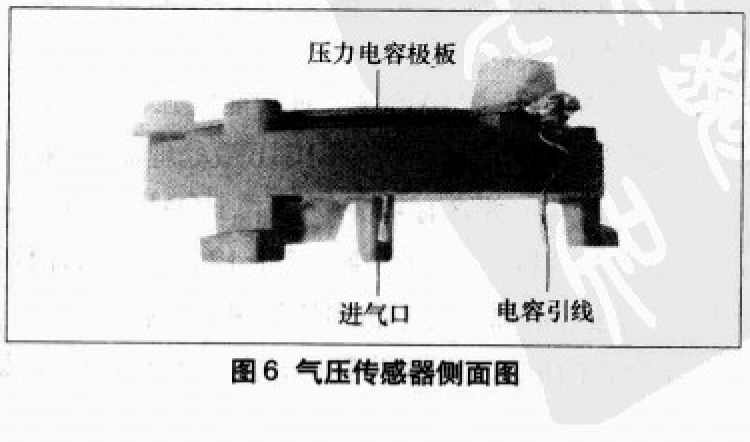


图6 气压传感器侧面图

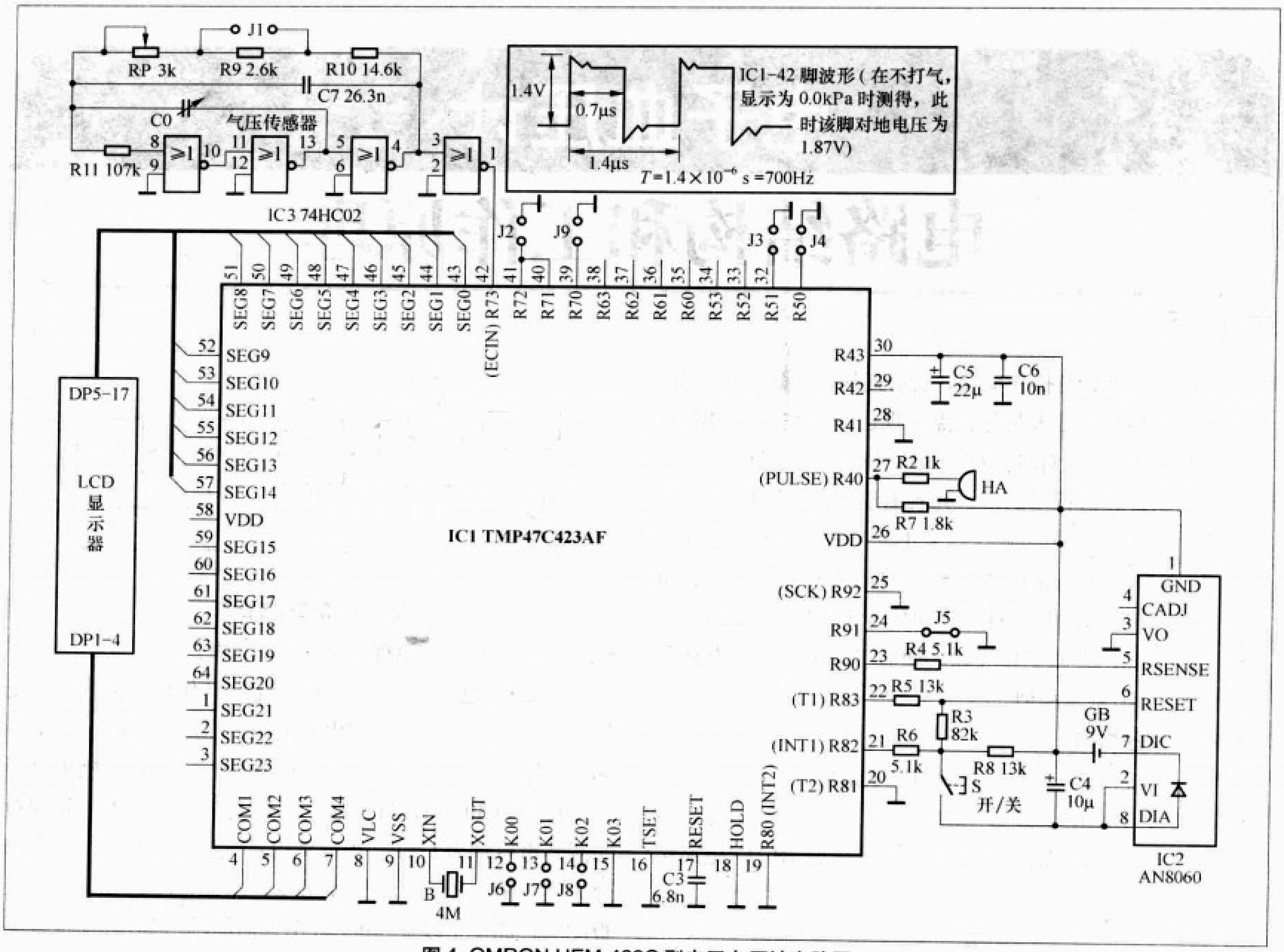


图 4 OMRON HEM-423C 型电子血压计电路图

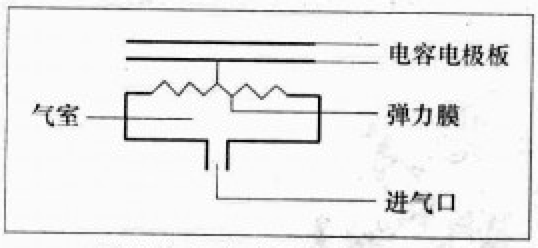


图 7 气压传感器结构示意图

小，电容器的容量就越大。

2．IC3(74HC02)是集电极开路型 4－2 输入或非门数字集成电路，在这里它与外围元件(RP、R9～R11、C7、C0)构成RC振荡器，其作用是将气压传感器中的电容器容量的变化转化为频率的变化，以便于MCU进行识别和处理。振荡器的频率与RC的量值呈反比例关系，即R或C值增大时，频率降低；R或C值减小时，频率升高。静态时，在IC3的1脚输出端实测其波形图为700kHz的方波（见图4)，对地电压为1.87V。

3．IC1(TMP47C423AF)是一种功能较强，CMOS 4-bit，可直接驱动LCD显示器的MCU(微处理器)，采用64脚QFP封装。其内部含有4096 × 8位ROM、256 × 4位RAM、28个I/O接口、6个中断、2个12位定时／计数器、1个16位高速计数器。是本机血压测量显示控制中心。袖带内气压变化的信息，转换为频率，由IC1的42脚送入内部高速计数器进行测量，经处理后可得到较高精度的压力值，并驱动LCD显示器显示出血压值和脉搏数。

4．IC2(AN8060)是低漏失型负电源输出（−4V)稳压集成电路，其内部结构见图8，相关引脚功能和对地（1脚）实测电压见附表。2脚为电压输入端，设计要求为−12～+0.3V，功耗为500mW。3脚为负电压输出端。

二、工作原理

血压是指心脏推动血液流动时，血流对血管壁的压力。心脏收缩时的血压称收缩压（高压），心脏舒张时称舒张压（低压)。本机采用气压法间接测量血压。测量时，袖带缠博于上臂，用打气球向袖带内充气。当所加气压高于收缩压时，动脉血管被压扁，袖带下的血流被完全阻断，脉搏消

附表 AN8060 引脚功能及电压值

引脚	符号	功 能	对1脚电压
1	GND	地	0V
2	VI	电压输入	−8.23V
3	VO	电压输出	−3.88V
4	CADJ	调整	−2.39V
5	RSENSE	负电压输出检测	0V
6	RESET	复位	−3.12V
7	DIC	二极管正极	−8.94V
8	DIA	二极管负极	−8.23V

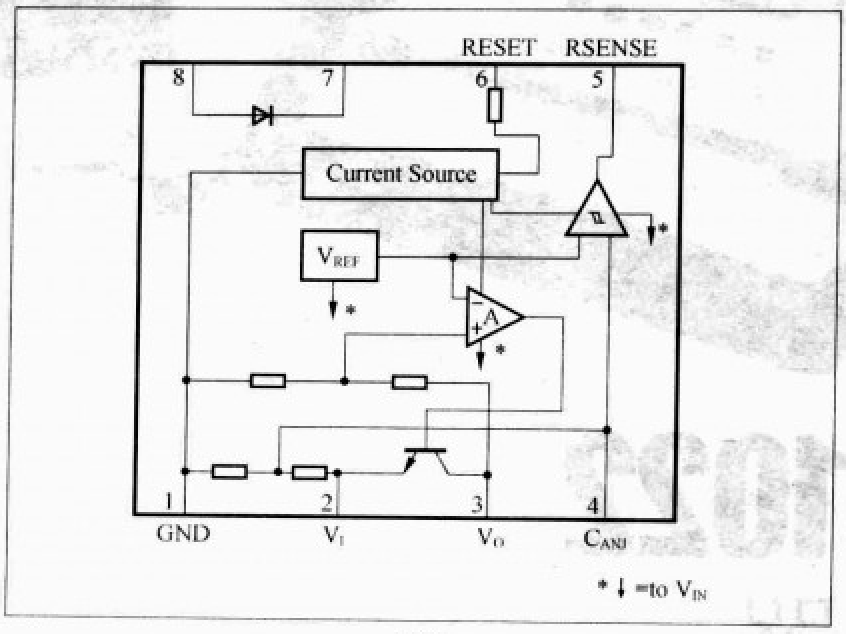


图8

失。由于气压升高，气压传感器的电容量增加，振荡器的输出频率将下降。此时，袖带内的气体通过放气阀门缓慢放气，袖带内气压徐徐下降，振荡器的输出频率逐渐升高。当袖带内气压下降至被压扁的血管能突然被血流冲开，脉搏恢复跳动时，袖带内的压力由于受到脉搏跳动的影响，经转换后振荡器的输出频率，将出现脉搏调制现象，此时测得的压力值即为收缩压。

随着袖带内气压进一步下降，脉搏调制现象越来越明显而呈周期性，此时测得的调制频率值即为脉搏数。

当袖带内的气压降低到对动脉血管的压力完全解除，血流畅通时，脉搏对振荡频率的调制现象消失，振荡器输出为单一的频率。此时测得的压力值即为舒张压。

袖带内压力变化，经气压传感器、振荡器（IC2)、转化为频率的变化，送入MCU(IC1)，经MCU内部处理后，即可得到相应的压力值，并将结果显示LCD屏幕上。

三、故障处理

本机元器件很少 ，参照电路图，故障检查和处理比较容易，有些故障用户自己就能解决。

1．按开关S后，显示屏无字符显示。

检查电池是否欠压或失效，连线是否断路。本机使用一节9V叠层电池，容量小，用一段时间就会发生欠压现象。

IC2（AN8060)坏，整机供电将中断，屏幕无显示。可用电压法对着表1判断好坏。IC2内部有一个独立的二极管，如发生极间断路，其3脚将无输入电压，可用一只硅整流二极管并联在原位置即可修复。

MCU（TMP47C423AF)本身极少损坏，重点是检查外围元件，如晶体、复位电容C3、滤波电容等。

2．用打气球不断加压，屏幕字符仍提示需再加压，不能进入测量状态,或虽能测量，但显示的血压值不准。

此故障最多见的原因是管道或袖带漏气。管道漏气多发生接头处，可剪去一小段胶管再重新插入接头处。袖带漏气可用硅橡胶修补。

IC3(74HC02)坏或外围元件故障，使振荡频率发生了改变。

气压传感器坏或灵敏度下降。它是电子血压计的一个关键部件 ，由于频繁使用极易损坏。更换后，应在标准大气压力下，使用示波器或频率计，置于振荡器输出端（IC3-1脚），调节RP1校准之。

电子血压计的认证标记

文/资料室

电子血压计是和人体密切相关的仪器，它的生产上市有严格的质量标准，这里介绍几种与血压计相关的认证，供读者参考。

美国FDA 510（k）上市前通知书

FDA是Food and Drug Administration（美国食品药物管理局）的英文缩写，它是国际医疗审核权威机构，由医生、律师、微生物学家、药理学家、化学家和统计学家等专业人士组成，是美国专门从事食品与药品管理的最高执法机关。通过FDA认证的食品、药品、化妆品和医疗器械对人体是确保安全而有效的。在美国等近百个国家，只有通过了FDA认可的药品、器械和技术才能进行商业化临床应用。

用于人体的医疗器械如要在美国市场出售，生产商须于产品推出市场最少 90 天前向FDA提交强制要求的 510(k) 上市前通知书，以便 FDA 作审查。提交的文件必须能证明该医疗器材的安全性、效能。FDA对医疗器械的管理通过器械与放射健康中心（CDRH）进行，中心监督医疗器械的生产、包装、经销商遵守法律下进行经营活动。根据医疗用途和对人体可能的伤害，FDA将医疗器械分为Ⅰ、Ⅱ、Ⅲ类，越高类别监督越多。如果产品是市场上不曾存在的新颖发明，FDA要求厂家进行严格的人体实验，并有令人信服的医学与统计学证据说明产品的有效性和安全性。

欧盟Medical CE认证

CE标志是产品进入欧盟国家及欧盟自由贸易协会国家市场的“通行证”。任何规定的产品，无论是欧盟以外还是欧盟成员国生产的产品，要想在欧盟市场上自由流通，都须获得CE认证。加贴CE标志的商品表示其符合安全、卫生、环保和消费者保护等一系列欧洲指令所表达的要求。

实测 RIGOL DG1022 多功能信号发生器

○ 文/《无线电》实验室

信号发生器，又称为信号源，是无线电实验中最常用的基础测量仪器。它是用于产生被测电路所需特定参数的电测试信号的设备。

在测试、研究或调整电子电路及设备时，为测定电路的一些电参量，如测量频率响应、噪声系数，为电压表定度等，都要求提供符合所定技术条件的电信号，以模拟在实际工作中使用的待测设备的激励信号。当要求进行系统的稳态特性测量时，需使用振幅、频率已知的正弦信号源。当测试系统的瞬态特性时，又需使用前沿时间、脉冲宽度和重复周期已知的矩形脉冲源。并且要求信号源输出信号的参数，如频率、波形、输出电压或功率等，能在一定范围内进行精确调整，有很好的稳定性，有输出指示。

信号源可以根据输出波形的不同，划分为正弦波信号发生器、矩形脉冲信号发生器、函数信号发生器和随机信号发生器等四大类。正弦信号是使用最广泛的测试信号。这是因为产生正弦信号的方法比较简单，而且用正弦信号测量比较方便。正弦信号源又可以根据工作频率范围的不同划分为若干种。

对于大多数普通的电子实验室和无线电爱好者来说，多功能信号发生器是个不错的助手。

本文对北京普源精电科技有限公司生产的RIGOL DG1022型20MHz函数/任意波形信号发生器进行实测。该机的外观见图1，使用起来十分方便。

前面板上包括各种功能按键、旋钮及菜单软键，通过这些按钮可以进入不同的功能菜单或者直接获得特定的功能应用。在机器的后面板上有一些扩展接口，如USB接口、10MHz参考信号输入、同步输出、外调制输入以及外触发输入接口等，见图2。这些扩展接口非常实用，比如：当外部提供标准的10MHz参考信号输入时，整台信号发生器的性能会有很大的提高，这一点我们会在后面的实验中得到结论。

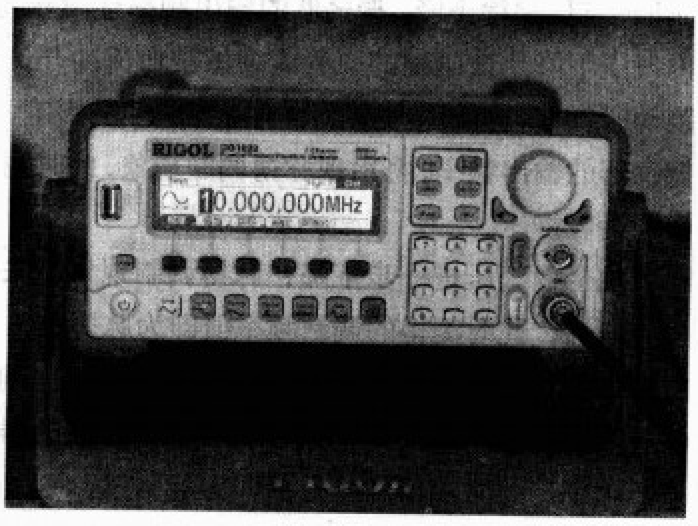


图1 前面板

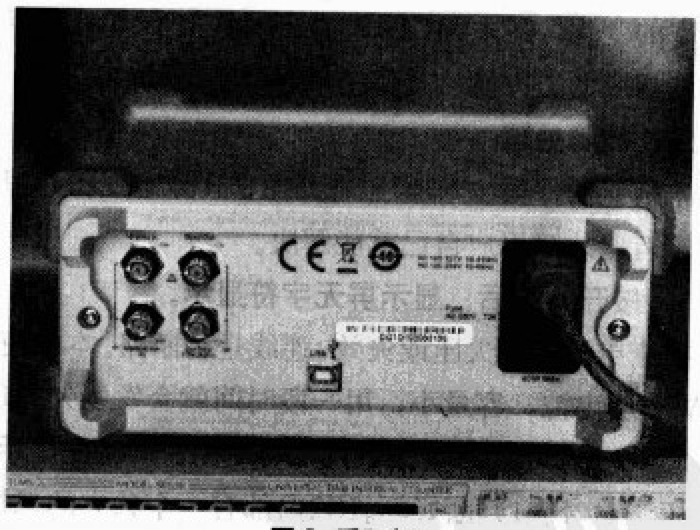


图2 后面板

该机的主要性能特点包括：

1. 直接数字频率合成技术（DDS），得到精确、稳定、低失真的输出信号

2. 双通道输出，可实现通道耦合，通道复制

3. 100MSa/s 采样率

4. 输出正弦波、方波、锯齿波、脉冲波、白噪声等5种基本波形，内置48种任意波形

5. 可编辑输出14-bit、4k点的用户自定义任意波形

6. 具有丰富的调制功能，输出各种调制波形：调幅（AM）、调频（FM）、调相（PM）、二进制频移键控（FSK）、线性和对数扫描（Sweep）及脉冲串（Burst）模式

7. 丰富的输入输出：外接调制源，外接基准10MHz时钟源，外触发输入，波形输出，同步信号输出

8. 支持即插即用USB存储设备，并可通过USB存储设备存储、读取波形配置参数及用户自定义任意波形，以及进行软件升级

9. 与DS1000系列示波器无缝对接，直接获取示波器中存储的波形并无损地重现

10. 中英文嵌入式帮助系统

我们在《无线电》杂志实验室对RIGOL DG1022信号发生器进行了技术指标的实测，下面就用图解的方式来进行简单介绍：

1. 基本性能

输出正弦波、方波、锯齿波、白噪声等基本波形。

2. 测量音频信号失真度

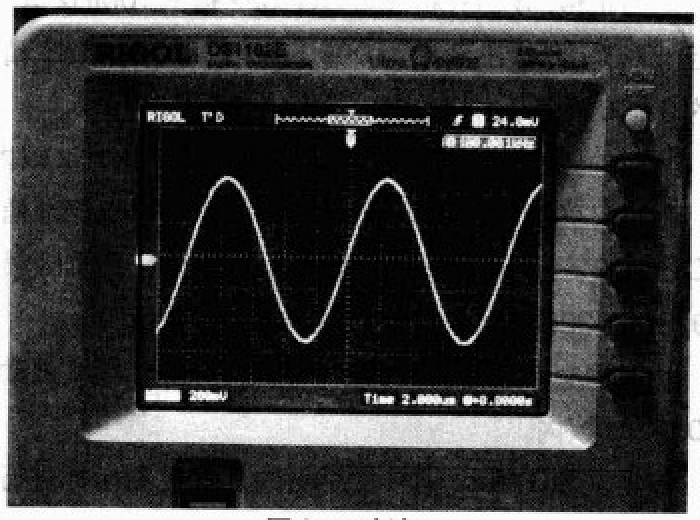


图3 正弦波

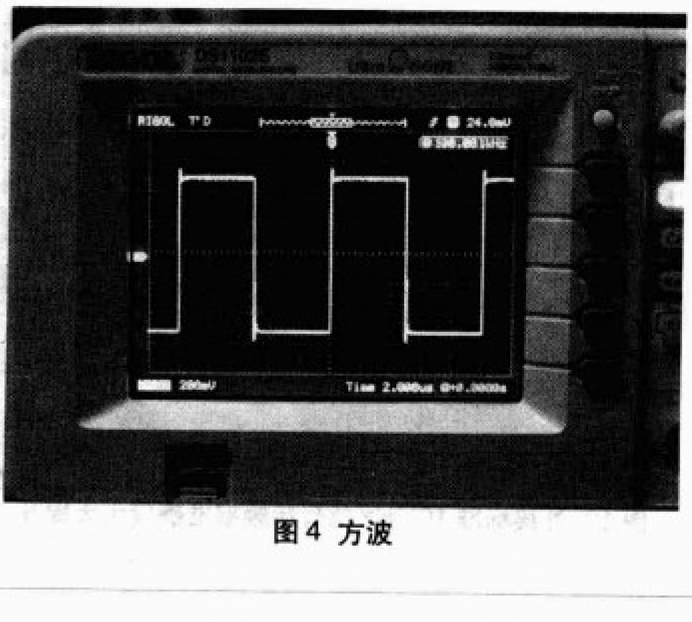


图4 方波

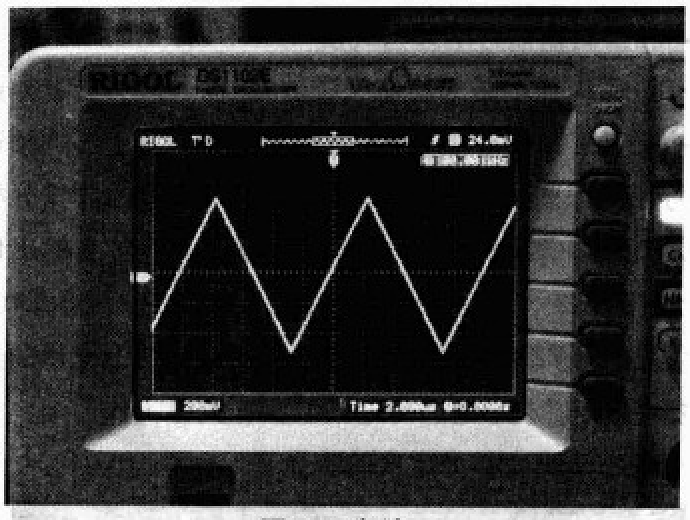


图5 三角波

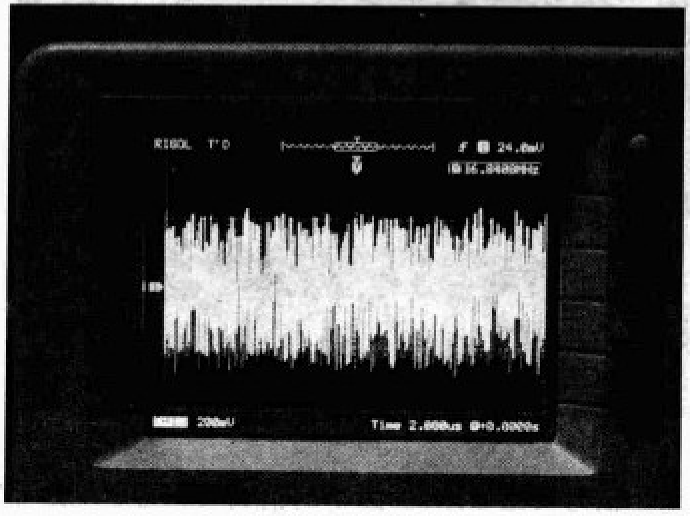


图6 白噪声

对于音频信号发生器来说，总谐波失真是个比较重要的指标参数，我们利用了一台罗德施瓦茨公司生产的音频分析仪UPA3对DG1022进行测量，UPA3可以很精确地分析测量10Hz~100kHz信号的总谐波失真，而且可以分别单独测量各个频率信号的各次谐波失真，比如二次谐波失真、三次谐波失真等等。测量结果见表1，优于原厂说明书中的指标，可满足普通音频电路的制作和调试需要。

表1

输出频率	总谐波失真	二次谐波失真	三次谐波失真
100Hz	0.0373%	0.0019%	0．0050%
1kHz	0.0121%	0.0013%	0．0045%
10kHz	0.0118%	0.0036%	0．0044%

图7 测量总谐波失真

3.测量高频信号的频谱纯度

在进行高频电路的制作和调试时，信号源的谐波分量会是干扰正常工作的罪魁祸首，因此需要信号发生器的频谱纯度尽可能高一些。我们用罗德施瓦茨公司生产的频谱分析仪FSA测量了DG1022的频谱纯度，测量结果为：当输出信号频率为10MHz、幅度为0dBm时，二次谐波约为-68dBm，三次谐波则低于72dBm，同样是好于原厂说明书上提供的频谱纯度指标，可以放心地进行电路调试和测量工作。

4.频率精确度和稳定度的测量：

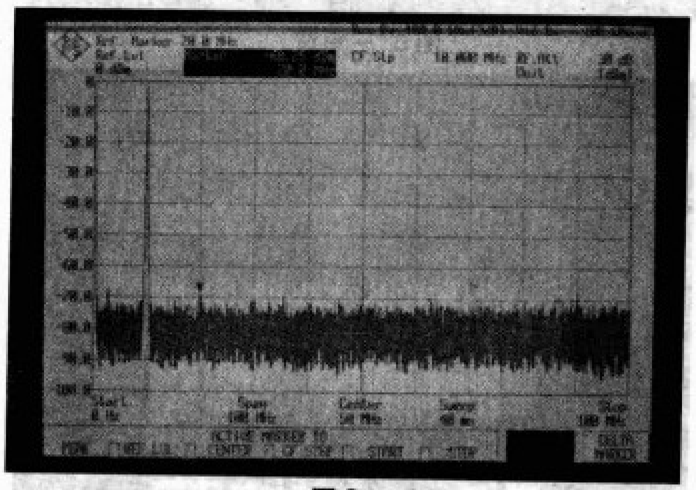


图8

对于信号发生器来说，频率的精确度和稳定度是非常重要的两个指标。RIGOL的DG1022作为一款普及型的信号发生器，上述两项指标是令人满意的。我们测试时使用了美国斯坦福研究所（STANFORD RESEARCH）的SR620高精度频率计和配合铷原子时钟测量了DG1022。

在得出测量结果之前，需要将信号发生器预热一段时间，以进入稳定工作状态。利用这段时间，我们用一些笔墨来介绍一下SR620高精度频率计和铷原子时钟。斯坦福研究所是美国一家专门生产高精度测量仪器的厂家，SR620超高分辨率的多功能万能频率计，测量10MHz信号时可显示14位并分辨到μHz，配套的铷原子时钟更是具有极高精度和稳定度的频率基准，它的核心器件铷原子振荡器的外形见图9。

整套测试仪器算下来耗资巨大，所以，请相信《无线电》杂

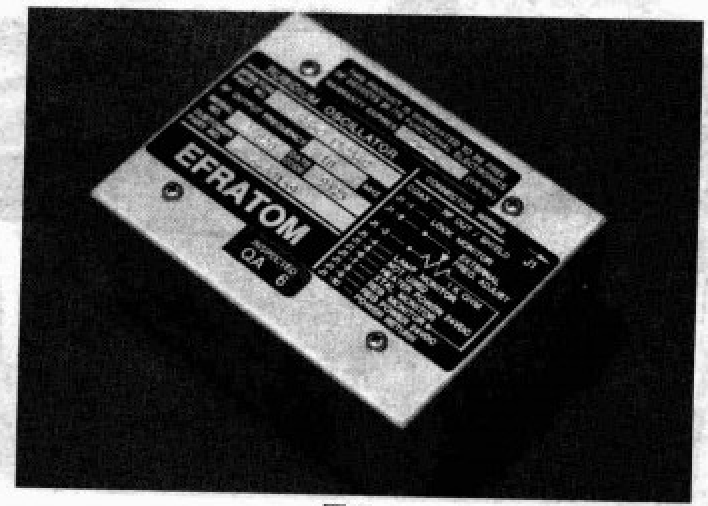


图9

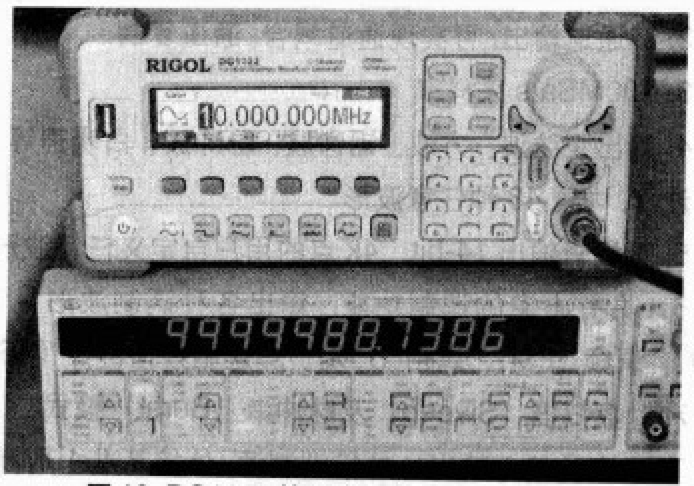


图10 DG1022的频率误差约为1 × 10^{-6}

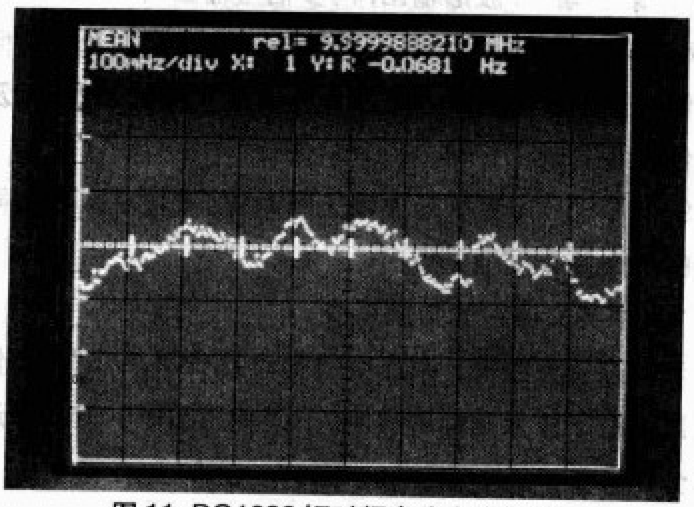


图11 DG1022短时频率稳定度曲线

志实验室的测试结果，我们很难相信你能在其他杂志社里看到这样的测试设备，当然，比设备更重要的是操作设备的人。

言归正传，我们开机设置DG1022输出10MHz信号，稳定后，测得实际输出频率为9999988.7386 Hz，频率精度误差约0.0001%。

此时的频率稳定度见图11，波动范围在0.1Hz以内。

我们又尝试着将铷原子时钟产生的10MHz标准信号接到DG1022背面的基准时钟输入端，测得的输出频率为9999999.82264Hz，频率精度提升了一个数量级。

此时的频率稳定度也得到了大大的提升，频率波动范围在0.04Hz以内。

以上就DG1022信号发生器的几项主要指标进行了测

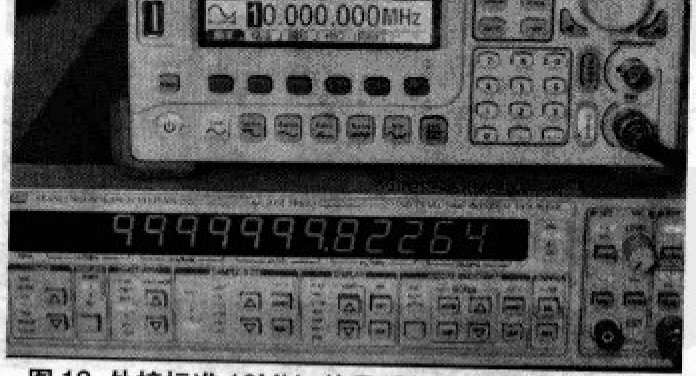


图12 外接标准10MHz信号后频率准确度大大提升

试，更多的使用和应用方法可以参照原厂的说明书，里面介绍得十分详尽，可以算得上是一本电子测量的入门教材了。

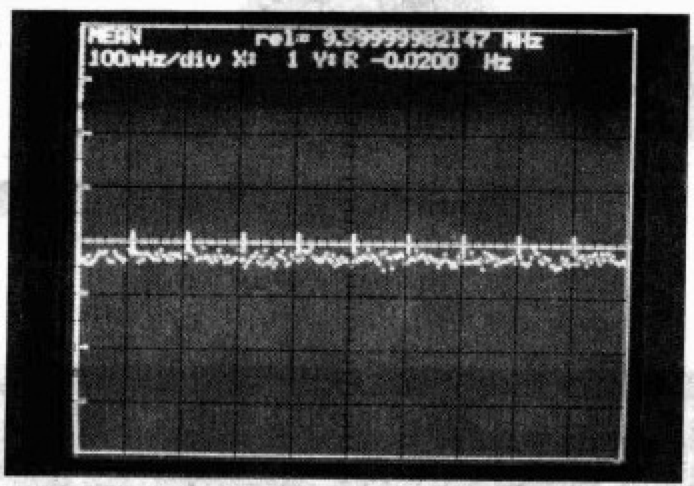


图13 外接标准信号后频率稳定度提高

比如，DG1022的双通道输出可满足多种教学实验的要求，另外它的频率计功能也很实用，可以精确测量到200MHz。同时，北京普源精电科技有限公司还推出了一系列数字示波器，我们《无线电》实验室将陆续进行实测，并将结果刊登在今后的杂志中。

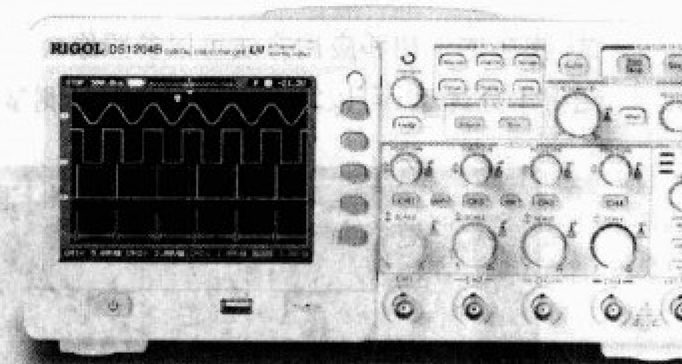
表2 DG1022信号发生器性能指标1

	DG1022
波形	正弦波，方波，锯齿波，脉冲波，白噪声等
正弦波	1 μHz~20MHz
方波	1 μHz~5MHz
脉冲	500 μHz~3MHz
锯齿波	1 μHz~150kHz
白噪声	5MHz 带宽 (-3dB)
任意波	1 μHz~5MHz
分辨率	1 μHz
准确度	90天内± 50 ppm，1年内± 100ppm 18℃~28℃
温度系数	<5ppm/℃

表3 DG1022信号发生器性能指标2

	正弦频谱纯度	
谐波失真	< 1VPP>1VPP	
	DC~20kHz - 70dBc - 70dBc	
	20~100 kHz - 70dBc - 60dBc	
	100kHz~1MHz - 55dBc - 50dBc	
	1~10MHz - 45dBc - 40dBc	
总谐波失真	DC~20kHz0.06%	
	方波信号特性	
上升/下降时间	<20ns (10%~90%)	
过冲	<5%	
占空比	1 μ Hz~3MHz	20%~80%
	3MHz（不包含）~4MHz	40%~60%
	4 MHz（不包含）~5MHz	50%
不对称性 (在50%占空比下)	周期的1%+20ns	
抖动	6ns+ 周期的0.1%	
	脉冲信号特性	
脉冲宽度	最大2000s，最小20ns，最小分辨率1ns	
过冲	<2%	
抖动	6ns + 周期的100ppm	
任意波特性	通道1	通道2
波形长度	4k点	1k点
垂直分辨率	14bits (including sign)	10bits (including sign)
采样率	100MSa/s	100MSa/s
最小上升/下降时间	35ns	35ns
抖动 (RMS)	6ns+30ppm	6ns + 30ppm
非易失存储（共10个）	10个波形	10个波形
输出特性	通道1	通道2
幅度	2mVPP~10VPP（50 Ω）	2mVPP~3VPP（50 Ω）
	4mVPP~20VPP（高阻）	4mVPP~6VPP（高阻）
垂直分辨率(100kHz)	设置值的± 1% ± 1mVPP	设置值的± 1% ± 1mVPP
幅度平坦度 (相对100kHz正弦波)	<100kHz 0.1dB (± 1%)	<100kHz 0.1 dB (± 1%)
	100kHz~5MHz 0.15dB (± 1.5%)	100kHz~5MHz 0.15dB (± 1.5%)
	5~20MHz 0.3dB (± 3.5%)	5~20MHz 0.3dB (± 3.5%)
直流偏移	通道1	通道2
范围（峰值AC + DC）	± 5 V（50 Ω）	± 1.5V（50 Ω）
	± 10V（高阻）	± 3V（高阻）
偏移精度	偏移设置的± 2%	偏移设置的± 2%
	幅度的± 0.5% ± 2mV	幅度的± 0.5% ± 2mV
	频率计指标	
测量功能	频率、周期、正/负脉冲宽度、占空比	
频率范围	单通道：100mHz~200MHz	
频率分辨率	6位/秒	
触发方式	触发电平可手动/自动调整，触发电平范围：± 3V（0.1%~100%），分辨率：6mV	
	显示	
显示类型	黑白液晶显示器	
显示分辨率	256水平 × 64垂直	
	电源	
电源电压	100~240VACRMS, 45~440 Hz, CAT II	
耗电	小于40W	
尺寸	232 × 108 × 288mm	
重量	2.7kg	

数字存储示波器的重要指标及选购

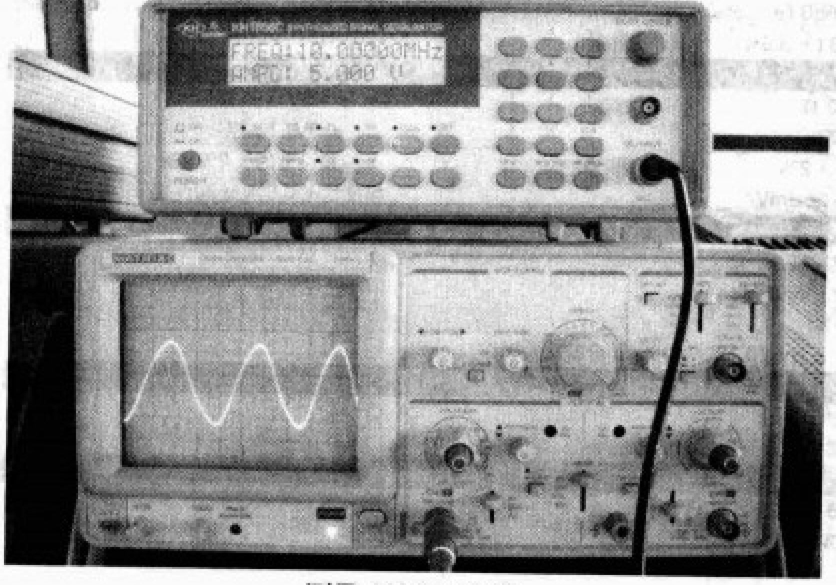


如果你真的打算买一台数字示波器，那么根据你的预算把范围缩小到能够满足性能要求的少量示波器中，然后去试用这些示波器，进行横向比较，在性能相近时，越简单易用越好。

○ 文／魏坤

近年来使用数字存储示波器的人越来越多，它有哪些重要指标？选购时要注意什么呢？本文就为你介绍这方面的常识

1. **带宽**：带宽是示波器最重要的指标之一。模拟示波器的带宽是一个固定的值，而数字存储示波器的带宽有模拟带宽和数字实时带宽两种。数字示波器对重复信号采用顺序采样或随机采样技术所能达到的最高带宽为示波器的数字实时带宽，数字实时带宽与最高数字化频率和波形重建技术因子K相关（数字实时带宽=最高数字化速率/K），一般并不作为一项指标直接给出。从两种带宽的定义可以看出，模拟带宽只适合重复周期信号的测量，而数字实时带宽则同时适合重复信号和单次信号的测量。厂家声称示波器的带宽能达到多少兆，实际上指的都是模拟带宽，数字实时带宽是要低于这个值的。带宽是示波器最重要的指标，因为它决定了被测试信号的范围，而且在很大程度上还决定着你需要支付的价格。所以在选择示波器时要将你的预算与你所要求达到的性能需求平衡起来。比如你是一个音响发烧友，你所要测量的音频信号在100kHz以下，那么一台带宽为20MHz的示波器已完全能满足你的要求。投资更多钱追求更高的性能完全没有必要。你也不要试图在一个20MHz的示波器上观察一个10MHz的方波，因为10MHz的方波中包含有10MHz的正弦波基波以及更高频率的谐波，在这种情况下不可能看到方波的真实形状。在20MHz的示波器上只可能看到10MHz正弦基波的图形，对更高次的谐波则是心有余而力不足，这时在示波器上看到的波形将更像一个正弦波而不像方波。



测量 10MHz 方波

为了保证测试信号幅度和上升沿的精度，选择示波器的带宽应为被测信号频率的3～5倍，精确测量要8～10倍或以上。

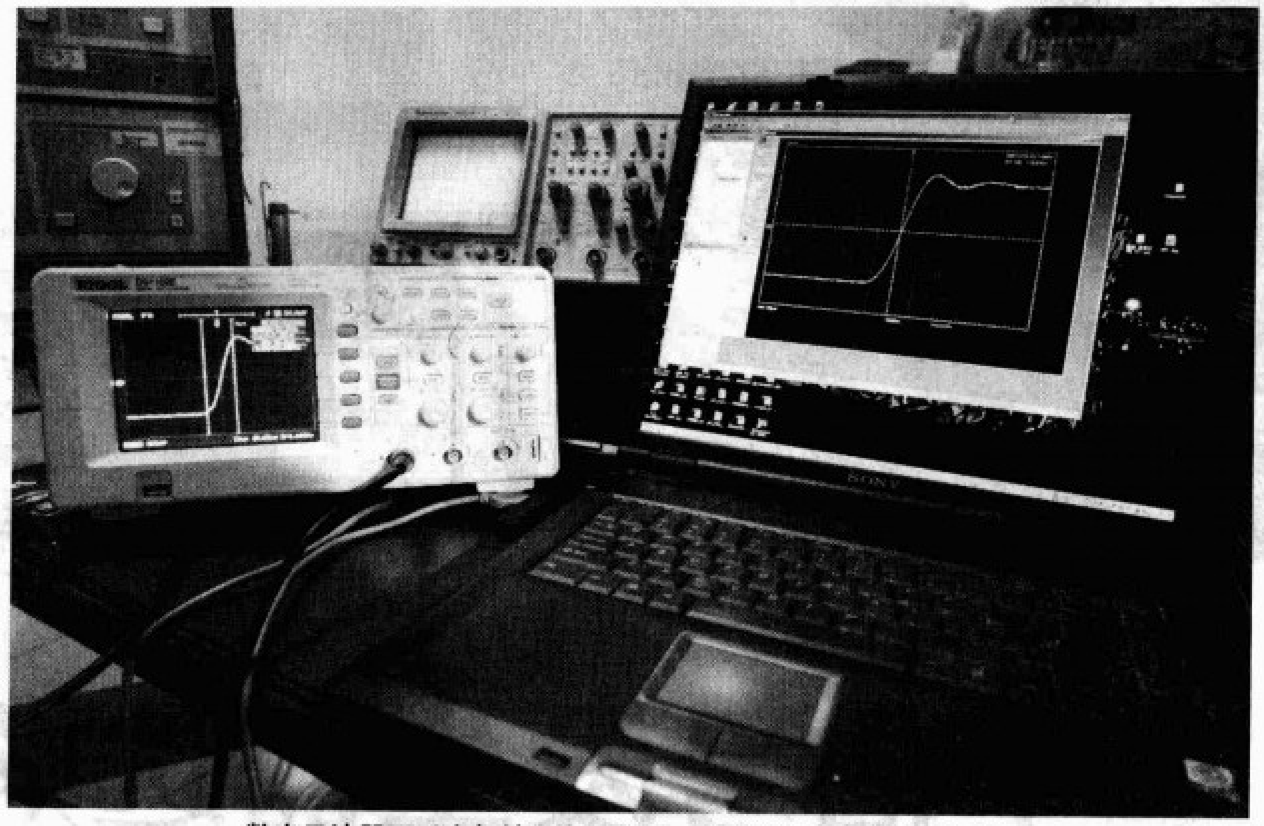
2. **采样速率**：采样速率也称为数字化速率，是指单位时间内，对模拟输入信号的采样次数常以MS/s表示。采样速率是数字示波器的一项重要指标。每台数字示波器的最大采样速率是一个定值。但是，在任意一个扫描时间 t/div，采样速率 f_s 由下式给出：

$f_s=N(t/\text{div})$ （N为每格采样点）

当采样点数 N为一定值时，f_s 与 t/div 成反比，扫速越大，采样速率越低。如果采样速率不够，容易出现混迭现象，如示波器的输入信号为一个100kHz的正弦信号，示波器显示的信号频率却是50kHz的正弦信号，这是因为示波器的采样速率太慢，产生了混迭现象。混迭就是屏幕上显示的波形频率低于实际的信号频率。根据奈奎斯特定理，采样速率至少高于信号高频成分的2倍才不会发生混迭，如一个50MHz的信号，至少需要100MS/s的采样速率。

3. **储存深度**：存储深度与取样速率紧密相关，模数转换器对输入波形进行数字转换，得到的数据存储到示波器的高速内存中。内存技术使得用户能够捕获和采集波形数据、查看更多的波形细节，或在采集的数据上进行数学运算、测量和后期处理等操作。存储器是示波器部件中仅次于A/D转换

器的元件，它保存被测信号的样品，供后续的D/A转换器把波形复原，现在的数字存储示波器的存储容量可达到1M位以上。普通数字存储示波器有8位垂直分辨率，即每次扫描有256个样品，需要256点的存储，相当于256字节。如果提高分辨率，将水平轴扩大10倍，则相当于20K字节；垂直轴亦扩大10倍，相当于40K字节。由此可见，如果要记录10倍上述的波形，则起码要400K字节以上。因此，存储容量大小很重要。反过来，存储容量也影响到扫描速度，例如每次扫描只有50K点的存储器，记录100μs数据，则取样间距是2ns，此时取样率相当500MS/s，以取样率等于4倍带宽计算，实时带宽等于125MHz。显然，如果需要提高取样率至1000MS/s，则记录100μs的数据，需要100K点的存储器。

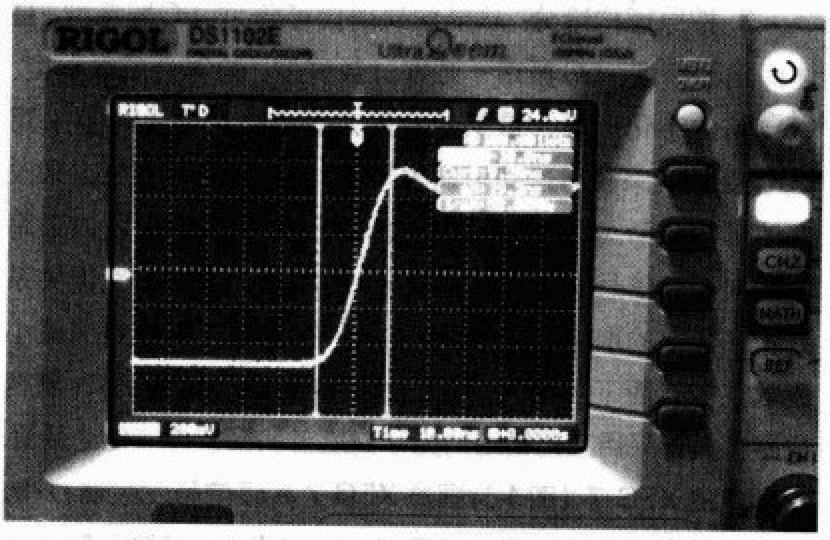


数字示波器可以方便地和电脑连接，完成测量和存储分析工作

为了存储一幅完整的图形，设图素是512 × 256=128K位，8幅图形要有1M位的存储量。在FFT分析中也需要额外的存储量，将新的波形的分量与参考的波形或存储的波形作对比。为便于波形存储，有些数字存储示波器还提供软盘或闪存作数据记录之用。当然存储深度与带宽一样同样也决定着你所要支出的费用。

4. **触发功能**：触发功能是要确保能捕获和同步被测量的信号。以便观察和分析被测信号的波形。触发方式有3种：自动触发、常态触发、单次触发。触发功能可分以下两大类：

（1）边缘触发：所有的数字示波器都有，它是指正沿、负沿触发、视窗触发、前触发和后触发。



数字示波器可以精确地观察和测量瞬变的信号

（2）Smart触发：在高档示波器中考虑得非常完善。目前示波器上有延迟触发、顺序触发、毛刺触发、间隔触发、漏失逻辑面触发、TV触发等。

许多通用示波器使用边沿触发功能，但是，在某些应用中可能需要使用其他触发功能。比如对于串行设计，某些示波器甚至为SPI、CAN、USB、I²C和LIN等标准配备了串行触发协议。高级触发选项在此能够在日常调试中节约大量的时间。但是你如果很少或不进行这些调试工作，这些功能还是不要有的好，因为它会对你的预算提出挑战。

5. **分析功能**：现在的数字存储示波器具有很强的自动处理、运算、测试和分析被测信号的能力。

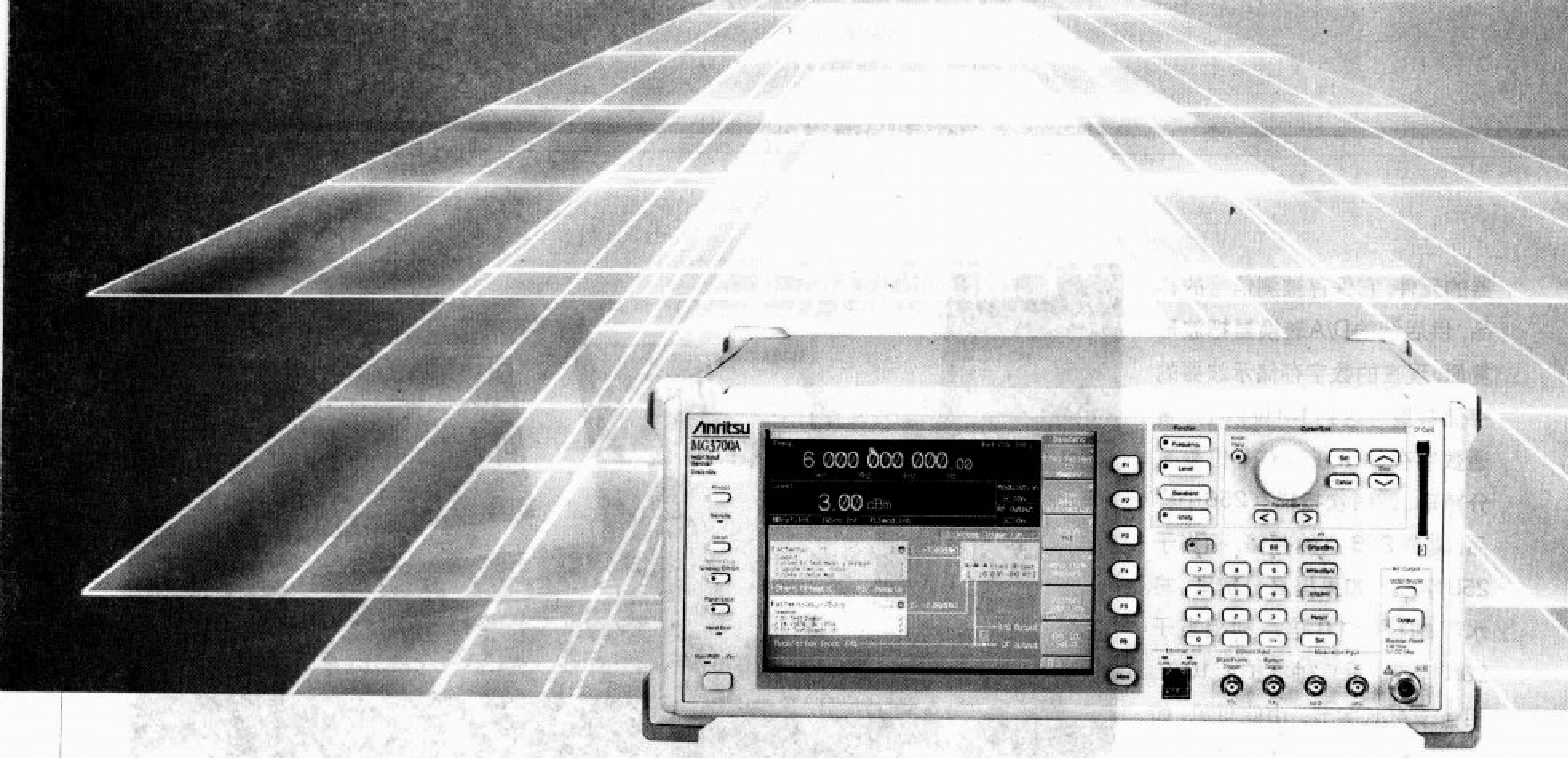
（1）函数处理：平均、积分、指数、对数、乘方、开方、包络、高分制等运算功能。

（2）FFT（快速傅立叶变换）、功率谱、相位矢量、虚部、实部等测量。

丰富的函数处理能力以及FFT等功能会对你的测量与调试带来极大的方便，在经济允许的情况下，这样的功能越丰富越好。

通过以上的介绍，想必爱好者对数字存储示波器有了一定的了解，如果你真的打算买一台数字示波器，可以根据你的预算把范围缩小到能够满足性能要求的少量示波器中，然后去试用这些示波器，进行横向比较，在性能相近时，越简单易用越好。

总之，电子爱好者选择购买示波器以够用为原则，当然二手示波器中也不乏物美价廉者，笔者对此并不了解，故不敢妄言。



二手信号发生器选购指南

个人因为预算不多而考虑选购二手信号发生器，所以搞清自己需要什么样类型的信号发生器是选购的第一步，对于信号精度要求不高的使用者，有时一些廉价的简易信号发生器在低成本投入的情况下配合现有仪器也能发挥很好的作用。

○ **文**／聆听

信号发生器是能够自行产生特定频率、波形、幅度的仪器，通常也被称为“信号源”。信号发生器的主要作用是在测试中替代实际工作中的外界待处理信号，通常因为它的信号参数（频率、波形、幅度等）都可方便地调节，所以可以方便迅速地得到一个可靠的并容易修正、符合测试要求的理想信号，在科研开发、检测校准、故障维修中被广泛地应用，是非常重要的常用仪器之一。对于从事普通电子维修的朋友，一台“称手”的信号发生器可以使维修效率事半功倍。

由于不同特征的信号繁多，所以大而全的“全能型”信号发生器是不存在的，高档的信号发生器价格非常昂贵，个人因为预算不多而考虑选购二手信号发生器，所以搞清自己需要什么样类型的信号发生器是选购的第一步，对于信号精度要求不高的使用者有时一些廉价的简易信号发生器在低成本投入的情况下配合现有仪器也能发挥很好的作用。

信号发生器的分类

由于不同的应用领域需要的信号特征不同，所以信号发生器有很多类别，信号发生器的内部工作原理和结构也经过了好几代的发展，成为衡量信号发生器档次和性能的重要标志。通常信号发生器可按频率范围、信号类型、构造原理来分类。

1. **按工作频率分**：有固定频率型和频率可调型。现在大家比较关心的是频率可调型信号发生器，按其频率覆盖范围可分：极低频、低频、音频、高频、VHF、UHF、厘米波、微波。简单地说就是信号发生器的工作波段。

2. **按信号类型分**：有通用信号发生器和专用信号发生器。通用信号发生器一般以产生正弦信号为主，也产生正弦、方波、三角波等函数波形信号，常见的有高频信号发生器、音频信号发生器、函数信号发生器。通常高频信号发生器还支持AM/FM调制输出。专用信号发生器是为产生某些专用格式信号而制造的，常见的有电视信号发生器、立体声信号发生器、GSM/CDMA信号发生器、扫频信号发生器等。

3. **按原理构造分**：从早期到现代可分为：LC振荡型、晶体固定频率型、LC振荡＋频率计数显型、频率合成数显型、微电脑数字化型等。最早的非固定频点的信号发生器采用LC振荡原理来获得连续可调的频率，通常采用可变电容来改变信号的频率。这一时期数字频率计技术不普及，所以频率的读出都靠信号发生器的刻度盘，刻度盘的精准性直接关系到输出频率的准确度，所以当时人们在高精度刻度盘和减小读数误差方面下了很大功夫。为了提高输出精度，当时高档仪器上大量采用工艺精细的光学刻度盘和精密调节传动装置，如常见的XFG-7（图1为国产XFG-7高频信号发生器）。随着数字频率计技术应用的普及和成本的降低，将数字频率计

集成到信号发生器内部，这样就能通过测量实际输出信号的频率给出直接的数字显示，有效避免了由读数和机械精度带来的误差（图2为LC振荡＋频率计数显型信号发生器）。

频率合成技术的应用使得信号发生器的频率稳定度再提高了一个档次，通过PLL锁相环或后来的DDS可以方便稳定地得到一系列所需的频率，更方便做成频率直接键盘输入功能，大大提高了设置频率的操作方便性（图3为频率合成型信号发生器）。

现代基于微处理器的数字化信号发生器凭借微电脑技术和数字电路DSP技术使信号发生器具备更多的扩展功能，同时人机界面也从传统的单一数码管数字显示升级到大型点阵液晶显示而提供更多的交互功能（图4为现代高端信号发生器）。

选购信号发生器的主要指标

我们通常关注标志一台信号发生器特性的以下主要指标：频率范围、输出动态范围、支持调制类型、输出阻抗，对于高端应用，我们还要关心信号发生器的相位噪声频谱纯度、信号输出精度、数据I/O接口等。

频率覆盖范围

信号发生器都有个工作频率范围，信号发生器的工作频段可以从零点几Hz到上百GHz，它的工作范围必须涵盖你应用的需要。频率覆盖广的信号发生器应用自然更广泛些，但价格随之也会高出不少。同时频率覆盖广的信号发生器并不与其信号输出品质有直接必然的关系。在预算有限的情况下，选购原则还是以实用、够用为主。

信号调制类型

信号发生器支持的输出信号调制的形式，如AM、FM、LSB、USB、电视视频信号、立体声信号、GSM信号等。其中有些信号发生器的AM/FM调制深度还可以调节设定，给使用带来很多方便。信号发生器所支持的调制类型必须涵盖你所需要的应用。

信号输出幅度

信号发生器的输出幅度是指其输出功率或电压的变化范围，一台信号发生器支持的最大到最小信号输出的范围也被称为输出动态范围，是衡量信号发生器性能档次的重要指标。有的应用需要信号发生器输出大功率的信号，通常需要达到瓦级，有的应用需要信号发生器输出很小的信号，通常需要达到微伏级。比如用来煲扬声器，就要求信号发生器产生比较大的输出功率，用来测试移动电话和对讲机的接收灵敏度就要求信号发生器产生微伏级信号。

对于信号发生器，除了宽带频率产生单元外，信号幅度输出处理（包括输出电平精度和小信号输出能力）是最难做也是成本最高的部分。这是对制造厂家屏蔽和衰减器制造技术的考验。很多低档的信号发生器的幅度输出部分都做得比较简单，而且不能支持－110dBm以下小信号的准确输出，而高端的信号发生器输出幅度可以提供0.1dB步进数字化调节，并支持不大于－130dBm小信号的准确输出。

信号输出阻抗

信号发生器输出的阻抗常见的有50Ω、75Ω、600Ω，在需要精确测量的场合，信号源的输出阻抗必须与被测试设

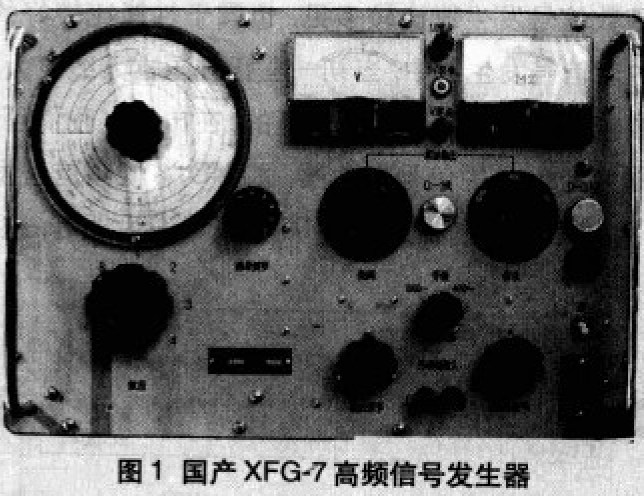


图1 国产XFG-7高频信号发生器

图2 LC振荡＋频率计数显型信号发生器

图3 频率合成型信号发生器

图4 现代高端信号发生器

备的信号输入要求一致，这样才能建立良好的信号传输。一般无线通信器材大多采用50 Ω阻抗标准。

信号输出稳定度

信号发生器的稳定度指随时间变化的输出频率误差和偏移程度，与信号发生器的构造有关。现代频率合成型信号发生器的频率稳定度与信号发生器内部的基准晶体振荡器的档次有关，一般高档信号发生器都会采用OCXO(恒温晶体)作为基准或者提供这样的选件。对于维修级应用这个指标并不重要，对于校准级应用则很重要。

信号输出频谱纯度

频谱纯度是指信号发生器输出除主信号外的杂散信号的抑制能力，也是衡量信号发生器性能档次的重要指标。对于维修级应用的中低档信号发生器这个指标同样不太重要。

数据接口

这是仪器与外部设备通信的渠道，多用于系统集成和自动数据采集，常见的数据接口有IEEE-488、GP-IB、HP-IB、RS232等，对于很多中档仪器这些接口是作为选件安装的，对于普通低端应用这些接口的实用意义不大。

二手信号发生器选购攻略

不同用途所需要的信号发生器的类型和档次是不一样的。一般电视机维修需要电视信号发生器，调测收音机需要立体声信号发生器或者AM/FM标准信号源，维修对讲机需要支持AM/FM调制的标准信号发生器，电路试验和普通维修需要函数信号发生器。对于信号发生器的档次就要看各人的预算了，高档次的信号发生器虽然性能好，设置也相对直观，但操作复杂，价格比较高。低档的信号发生器操作简单，配合已经拥有的测量仪器也能发挥出一定的作用。从实用的角度出发一般用作维修和简单试验用途的信号发生器并不需要高精度的产品，高精度信号发生器多用在精确测量校正和科研方面。一般频率合成型并具备量化幅度输出的信号发生器属于中高档产品。

低档产品（如国产的SG-25）和一些进口品牌的LC振荡简易刻度盘调节的信号发生器（图5为LC振荡型简易信号发生器），虽然在频率指示的误差和输出信号的幅度控制上都做得不够精细，但价格便宜，通常只有100～300元，个人用户很容易接受，用来调测收音机和检修对讲机也都能用得到。

有时一些“土”办法能提高低档信号发生器的输出准确度。对于输出信号的频率误差，我们利用手头的数字频率计可以直接对信号发生器的输出信号进行实时测量，这样就去除机械度盘带来的误差（后期有些信号发生器也是这么做的，集成频率计作为频率数字直接显示），原有刻度盘可以作为一个大致的指示。信号输出幅度我们可以通过高频毫伏表或者示波器直接测量，并设定到我们所预想的数值。对于输出信号不够“小”的信号发生器我们可以考虑给它外接已知参数的衰减器。对于信号输出幅度调节不便或不精细的信号发生器，可以外接可调衰减器（图6为可调衰减器）。对于工作频率不够高的信号发生器我们可以尝试在其倍频上取得有用的信号(如一台最高只支持到VHF的信号发生器，我们要使用435MHz频率的信号，那么我们可以尝试使信号发生器工作在145MHz频率上，尝试在其三倍频上得到可用的435MHz信号)。上述这些土办法虽然不能替代高端仪器，但对于预算较少的用户可以物尽其用，最大程度挖掘简易信号发生器的潜力。

进口信号发生器的品牌中，HP/Agilent、R/S、马可尼、安立都是业内公认的顶级名牌。飞利浦、FLUKE、松下、目黑、利达也有一些不错的中档信号发生器，它们在二手市场上价格比顶级品牌要便宜些。国内二手市场上，二手的固伟品牌函数信号发生器比较多见，也属于性能比较好的产品。国产的老信号发生器中，当初一些正规国营无线电大厂生产的标准仪器性能上还是很有保证的。在市场上我们可以看到一些国产老型号的信号发生器，如XD-1低频信号发生器、S101函数信号发生器、XFG-7高频信号发生器等，这些仪器

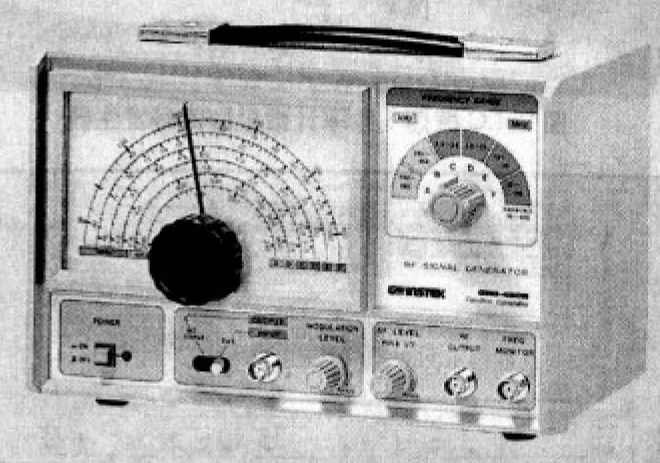


图5 LC振荡型简易信号发生器

图6 可调衰减器

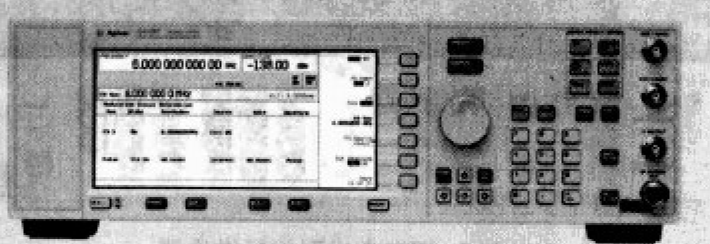


图7 Aglient高档信号发生器

虽然与现代仪器有很大差距，但性能上还是不错的，比一些简易信号发生器性能要好得多，如果不嫌他们体积较大、份量重，还是非常价廉物美的。只是这些仪器年代已久，是否能够正常工作并达到出厂技术指标是一个问题。

不要以为有数字显示频率的就一定是频率合成型信号发生器，早期很多产品是通过集成频率计来显示实际输出频率的，频率产生的核心还是LC振荡器。虽然他们都是数字显示，但频率稳定度等性能与频率合成型信号发生器还是有明显档次差异的。如何直观判断是否是频率合成型信号发生器呢？一般有频率直接键盘输入功能的都是频率合成型产品，频率调节只能通过无级度轮（旋钮）旋转控制的八成都是非频率合成型产品。

有些信号发生器除了产生信号外还能当数字频率计用，可谓“一机两用”，这在一些函数信号发生器中比较多见。对于手头还没有频率计的朋友可以考虑有这类功能的信号发生器，尽管这类产品的频率计精度并不很高。

选购信号发生器还可以另辟蹊径，除了独立的专用信号发生器外，有些组合仪器上也具备信号发生器的功能，同样可以作为信号发生器使用。比如一些现在已经基本淘汰的BP寻呼机测试仪的内部就包含FM VHF/UHF信号发生器功能，而且还是频率合成型数字化显示的，用来作为调试对讲机接收灵敏度是价廉物美的信号源。

信号发生器常见故障及原因

信号发生器存在常见故障是我们在选购二手信号发生器时最容易遇到的，很多信号发生器都是由于这些原因才被报废来到二手市场的。专业的二手仪器公司有一定的检测设备和专业知识，可以保证二手仪器的性能，但通常价格比较高，二手市场上一些非专业的二手商虽然对仪器的报价相对便宜，但对仪器的性能需要买家自己判断。一般仪器主要部件的维修是很昂贵的，除非你是这方面的维修高手，否则不要寄希望于修复高精度仪器。

输出幅度异常是信号发生器最常见的故障，究其原因是设备衰减输出单元损坏。常见的有继电器损坏、继电器触点接触电阻变大、使用者误操作，使反向功率信号输入信号发生器内直接烧毁衰减电路。输出幅度异常也被视为暗毛病，不通过仪器测试不容易看出来。

频率合成器失锁或VCO不起振也是信号发生器常见故障，这个故障比较明显，没有对应的频率输出，用频率计测试一下就能看出来。这一般是频率产生单元的关键部件日久参数改变或损坏所致为多。

输出信号频率偏移一般由于信号发生器的频率基准误差增加所致，配合频率计校准信号发生器的基准频率单元的补偿调校装置就能解决。老款的信号发生器需要打开机盖通过硬件方式来调校，一些菜单化的新型信号发生器可以通过特殊的工厂调校菜单进行软件修正。各型信号发生器的调校方法在产品的维修手册（Service Manual）上都有详细的说明。

记忆单元数据混乱或无法长久保存数据，这一般是因为有些机器内的记忆维持电池日久失效或即将失效。

二手信号发生器验收攻略

我们验收二手信号发生器主要看频率正确度、输出幅度、频谱纯度、功能正常、显示正常这几个方面。用来验收信号发生器的最佳仪器是频谱仪，因为它能在图示化的同时显示频率与幅度的信息。

第一步看外观。无明显损伤，没有进水和雨淋的痕迹，各I/O接口没有明显生锈迹象，各开关按键旋转正常。

第二步确定信号发生器工作电压。我们国内的市电电压是220V，有些国外淘汰的信号发生器工作电压是110V，如果直接接220V会烧毁电源。很多中高档的信号发生器输入电压是可预先设置的，我们要确保它设定在220V~240V上，否则就需要配备110V变压器使用。为了确保安全开机，我们在开机前要详细阅读机器的铭牌上标注的工作电压信息。

对于一些小型便携式信号发生器需要电池供电或者外接电源适配器。我们要检查电池仓和电池接触极片是否有被电池腐蚀的迹象。电源适配器如果不是原装的，只要电压和最大供电电流符合仪器输入标准并且极性和接口正确，也可以代换使用。

第三步开机测试。开机前将信号发生器幅度输出设置到较小功率状态下，防止因为没有接负载而意外烧毁信号发生器，这对一些功率输出型信号发生器尤为重要。开机后检查信号发生器显示指示机构工作正常，各设置调节旋钮和按键工作正常，对于设置机器有对应的反应。对于有菜单系统的信号发生器，我们可以尝试找一下是否有自检功能，有的信号发生器在开机时屏幕上会显示开机自检画面，我们注意观察是否有没有通过的测试项目。

第四步性能指标测试。作为信号发生器，首先要在其工作范围内有正确的频率输出，其次信号输出幅度要正确稳定。最好有频谱仪，它可以快速直观地显示频率与幅度变化的信息，在没有频谱仪的情况下我们可以用示波器和频率计来验证信号发生器产生频率的正确度，并通过波形的观察来验证信号幅度的变化和波形。需要注意的是，如果想利用示波器来准确测量信号发生器的输出幅度，最好在工作频率小于示波器最高带宽的一半的情况下测量，否则由于示波器的原因准确性将容易受到影响。对于函数信号源，我们还可以通过示波器检测其产生波形的工整程度。

给VC9807A万用表增加恒流电路

○ 文/吉同根

在过程控制仪表的维修中，需要用到4～20mA的标准直流电流信号，本文将介绍怎样给数字万用表VC9807A增加恒流控制电路，方便仪表的日常维修及调校。

什么是过程控制仪表

在生产过程中，生产装置或者设备之间不断地进行着物质和能量的相互作用及转换过程。表征过程的主要变量有温度、压力、流量、液位、成分、浓度等。在生产过程中用来测量和控制过程变量的仪表即是过程测量和控制仪表。

为什么要增加恒流电路

作为现场的气动执行机构，往往由于气源带水或尘粒，尤其是冬天气温骤降，气源中会析出大量的水分进入电/气阀门定位器，导致喷嘴及气动放大器的进出气道或灰尘堵塞，或结冰堵塞。同样作为现场的电动执行机构，往往由于长时间运行，上下行程的限位发生了位移等原因，导致电机过热卡死。仪表维修人员进入现场后需要对故障仪表进行拆卸清理、装配及调试。在调试的过程中，往往需要反复地对零点、量程及中间的5点线性进行调整，这时就要给待调试仪表送入相应的标准信号。即使是自整定型智能电/气阀门定位器也不例外。如日本山武智能型电/气阀门定位器，需给定18mA（85%）±1mADC信号进行自整定。自整定完后仍需手动给定多点信号进行检验。习惯做法是，用对讲机通知内操人员根据维修人员的指令，不断地手操输出4～20mA的准确信号到现场，供维修人员调试用。这样做有一个很大的弊端，那就是增加了内操人员的负担，同时又分散了内操人员的注意力，易使内操人员忽视对重要生产过程变量的监视及操作，从而有可能酿成事故的发生。

改机思路

现代过程控制仪表的传输信号多数采用4～20mA的标准直流电流信号。作为电流的输出控制器件，其输出电路往往采用如图1所示的电路原理。为了提高带负载能力，无一例外地设计成恒流源电路。仪器一般都能达到0～600Ω的负载能力。图1中，电流取样反馈电阻 $R_f \leqslant 0.25$kΩ。当输出为20mA不变时，如果在负载回路里串入一个压降较小的恒流控制电路 I_s，则负载上所获得的电流（≤20mA）势必受控于 I_s，这里的 I_s 就是我们要给VC9807A数字万用表添加进去的恒流控制电路。

可行性分析

图2(a)为英国测量技术公司生产的控制（输出）隔离式安全栅MTL3045的部分输出电路，图2(b)是电/气阀门定位器EP3000的部分输入回路，图2(c)是数字万用表VC9807A的部分电流测量回路，图2(d)为添加进数字万用表VC9807A的恒流控制电路。

如果不考虑图2(c)和图2(d)，也就是MTL3045的"+"端输出直接接至EP3000的"+"端输入，那么图2中的（a）、（b）二部分是一个典型的过程控制信号输出原理图。DCS（Distributed Control System，分散控制系统）输出的电流

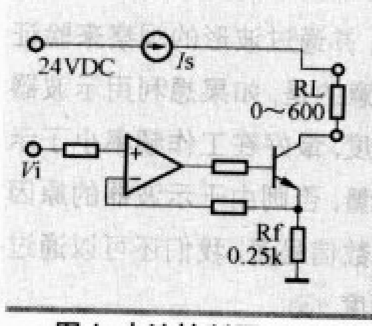


图1 电流控制原理图

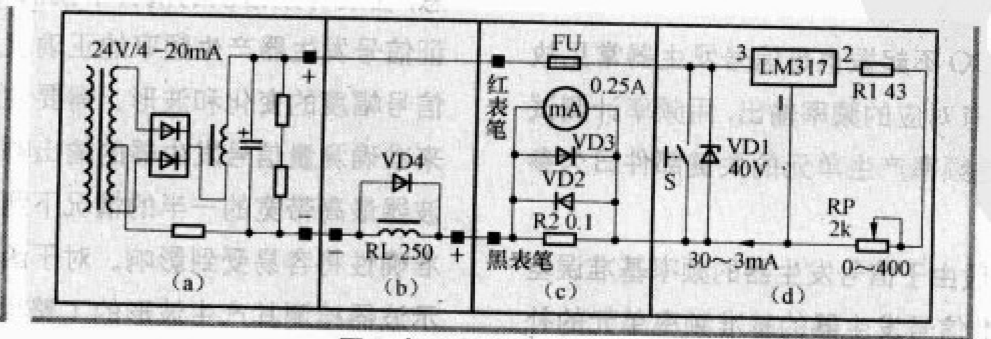


图2 恒流控制电路原理图

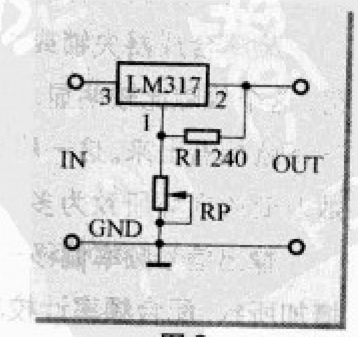


图3

信号经过控制安保MTL3045隔离输出4～20mA到装置现场的电/气阀门定位器EP3000。MTL3045供电电压为直流20～35V，典型供电电压是直流24V。最大输出电流受DCS输出的制约，至少大于20mA，经测试约为22mA。在最大输出电流的情况下，测试负载能力达800Ω，当然小电流输出状况下，负载能力会更强。EP3000的输入阻抗R_L是250Ω。由下式可算出回路中富余负载R和富余压降U。

R＝800－250＝550（Ω）

U＝22×（800－250）＝12.1（V）

上式告诉我们，当安全隔离栅MTL3045输出最大约22mA时，回路中仍可串接550Ω的负载电阻，也就是可串接的负载压降达12.1V。这时，可能有人会想到："直接在回路里串接一个可变电阻，即可方便地达到改变输出电流的目的。"其实不然。我们知道现代过程控制仪表的联络信号之所以采用电流信号传输，就是为了克服线路电阻等引起的压降误差。

我们可以设计出这样一个电路串接其中，它要求：

(1)该电路必须具有高精度测量显示电流的能力，其精度级至少得有0.5级；

(2)该电路的整个压降必须小于12.1V；

(3)该电路必须具有恒流特性，即它不能受负载电阻及线路电阻等其他参数的变化而变化；

(4)该电路等效电阻可以手动调整，使其能够把22mA的电流控制在3.5～20.5mA之间。

1．选VC9807A数字万用表

VC9807A是深圳胜利生产的4½位数字万用表（显示4位半），部分技术指标见附表。由表中可知，它的测量显示精度可以达到上述(1)的要求。

附表

基本功能	量程	基本准确度
直流电流	2mA/20mA/200mA	±0.5%

2．LM317

LM317是IC稳压芯片，用于正电压调压输出，它的最小输入、输出压差可以达到2V，完全满足前述(2)的要求。

3．LM317恒流控制电路

图3是LM317调压输出的典型应用图。LM317的2脚输出的3～5mA工作电流经R1和RP泄放，μA级基准电流从LM317的1脚出来经RP泄放。LM317的2、1脚之间输出1.25V基准电压加在R1的两端，R1中将流过恒定的电流，此电流同时经过RP。另外RP中还要流过μA级的基准电流，所以RP中的电流也将是恒定不变的。通过改变RP的阻值达到调节输出电压的目的。根据以上调压原理，我们可以对图3所示电路进行变通使用，将其中的电阻R1改为可变电阻，将RP作为负载电阻。流过负载中的电流必将受控于R1，且是恒定的。通过选取适当的可变电阻及固定电阻来取代R1，完全有可能把22mA的输入电流控制在3.5～20.5mA之间恒定不变。从而满足了前述的(3)、(4)条件。

变通后电路见图2（d）。RP为0Ω时，回路电流约30mA（1.25÷43）；RP为400Ω时，回路电流约3mA（1.25÷443）。40V稳压管VD1用来保护LM317。

实际制作

VC9807A数字万用表的"数据保持"按钮开关，平时几乎用不到。可以把它与线路板上的两根连线用刀片划断，将其"借用"到图2（d）中来，作为恒流控制电路的旁路开关"S"。当按下"S"时，开关断开，此时流过万用表200mA直流电流挡的电流受控于"LM317恒流控制电路"。当弹出"S"时，开关接通，万用表可作为正常测量电流使用。

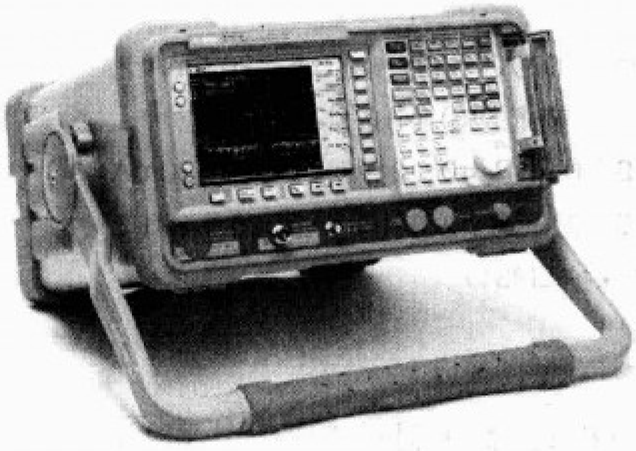
另外，VC9807A数字万用表的电源开关及"数据保持"按钮开关平时都是凸出的，经常性地无意中把它们打开了，电池会很快消耗殆尽。有必要把它们取下用刀片割去一部分，保证其在没有按下时和面板平齐。

由于电路相当简洁，没有必要制作专门的电路板。LM317外形如同三极管，可以直接用"502"胶将其粘贴于表壳内侧的空隙处。R1及VD1"搭棚"焊接在LM317上，如果需要，可以再加些"704"胶。RP可选用美国3296型精密多圈电位器，其外形尺寸只有10mm×10mm×4.8mm（方型），有效行程达25圈。万用表有4个表笔插孔，在中间两个插孔之间钻孔φ3。将电位器的调整铜柱由表壳里面向外装入，使其在万用表正面能用钟表"一"字螺丝刀调整即可，同样用"502"胶固定。用细导线把相应元件焊接连上，串接于"mA"挡的250mA熔丝回路里即可。

实际使用

接通如图2所示的回路，将DCS控制输出打在100%（20mA），调节RP，万用表的电流显示范围达3.2～20mA，完全符合设计要求。具体使用时，可以考虑先将恒流输出调整在4mA，再调整电/气阀门定位器EP3000的"零位"。调"量程"时，可以直接按一下开关"S"即可。这样通过不断按动"S"即可完成零点及量程的反复调校，很是方便。为了省电，此时还可以关闭万用表的电源开关，不会影响到零点及量程的调校。

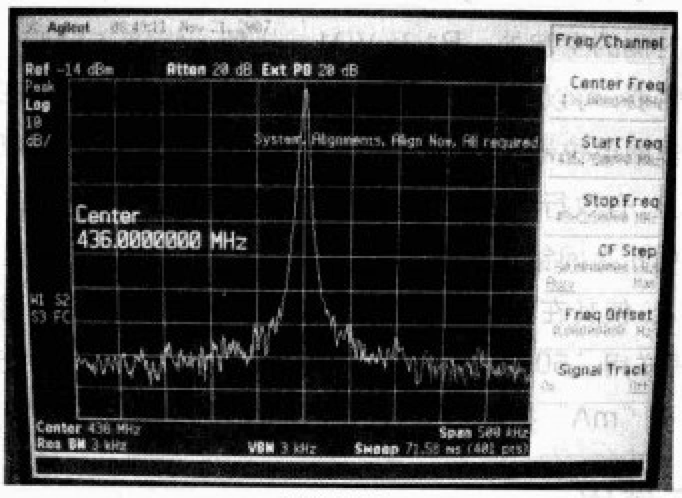
后来又继续在"361"直行程电子式电动执行器及日本山武智能型电/气阀门定位器上试验也能满足要求。改进后的万用表还可以代替现场的变送器给DCS送入直流4～20mA信号。如果自备一节9V电池，即使没有DCS所给的24V电源，也可以送出直流4～20mA信号，给日常检修带来了极大的方便。该表使用至今3年有余，未出任何异常。



二手频谱分析仪选购指南

○ 文／聆听

频谱分析仪简称“频谱仪”，是一种频域分析仪器，其图形化主界面横轴是频率单位，纵轴是幅度单位。而我们常见的示波器主要属于时域分析，主界面横轴是时间单位，纵轴是幅度单位。频谱仪在高频领域和微波研究测量中应用广泛，它除了上面提到的基础特性外，还具备一定的频率计、功率计、场强仪、扫频仪、毫伏表的功能，所以在射频领域，频谱仪也有“射频万用表”的美称。



频谱显示

频谱仪的分类与特性

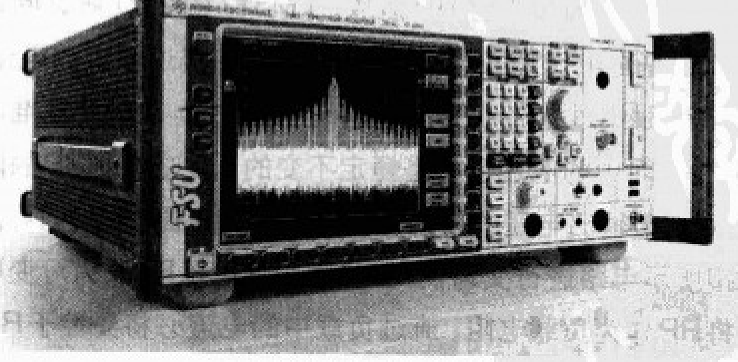
频谱仪按照工作基本原理可以分成扫描型频谱仪和实时频谱仪。扫描型频谱仪占了目前市场上的绝大部分，其频谱图形成基本原理就是依次扫描各个频率，并根据该频率点的信号幅度描绘成频谱图。当整个扫描周期非常短时，我们就可以得到几乎是实时的感觉。如果我们把SPAN(扫宽)设置得比较大，RGW(分辨率)设置得比较细，那么我们就可以很容易地看到扫描型频谱仪频谱曲线逐渐扫描生成的过程。实时频谱仪利用高速A/D进行采集并实时进行快速傅立叶变换，更容易捕捉到瞬时信号。通常实时频谱仪应用于高端场合，美国泰克公司就主推其实时频谱仪，如RSA系列。实时频谱技术在不断发展，实时显示频谱的带宽也不断拓宽。对一般比较稳定的信号进行测量，传统的扫描型频谱仪完全够用，如果你要测量一些跳频信号、脉冲遂发的信号，那么实时频谱仪更容易捕捉到信号的细节。

频谱仪按照应用和外观大小可以分为固定型、便携型和手持型，以及虚拟仪器。

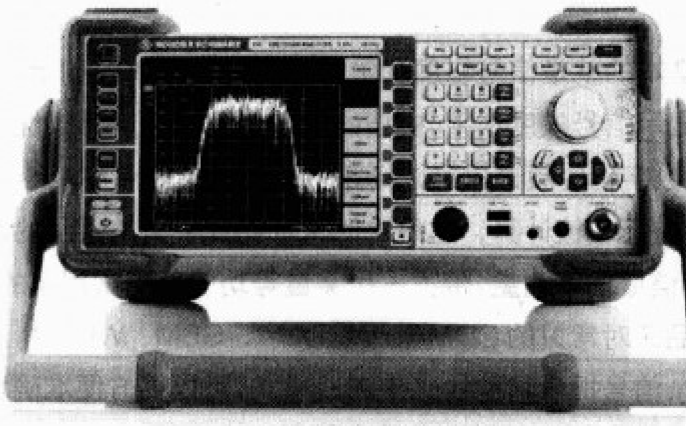
作为固定型设备的频谱仪往往体积比较大，重量也重，这类频谱仪常常需要两个人才能安全搬运。台式机的优势是显示屏幕比较大，容易观察，操作面板分布比较宽敞，操作起来比较顺手，设备预留的扩展接口和功能比较多，性能也是同级别中最好的，比较适合实验室使用。常见的产品有Agilent E4440A、R&S FSU系列等。

便携性频谱仪是在固定型产品上进行小型化，并提供搬运提手，方便现场和野外检测。便携型产品也可以达到中高档水平，只是显示屏幕相对小些。实际应用中通常都把便携

泰克实时频谱仪



R&S 台式固定频谱仪



R&S 便携频谱仪

手持频谱仪

型频谱仪作为固定、移动两用，这也是二手市场上最多见的频谱仪类型，二手市场常见的型号有Agilent E4403、HP8563、HP8591、R&S FSP/FSL系列等。

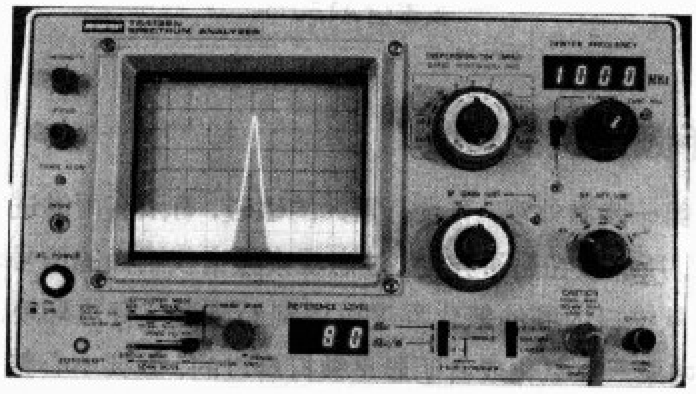
手持型频谱仪体积小、重量轻，有电池供电，方便野外和现场做快速测量，尽管其性能与同时代的便携型频谱仪有一定差距，但轻巧的特性还是十分有用。手持频谱仪的大小和一台笔记本电脑差不多。二手市场常见的型号有 R&S FSH 系列。

虚拟频谱仪需要与电脑一起使用，优点是价格便宜，但目前常见的低价位产品工作频率都不高，应用范围有限，尚不具备冲击传统频谱仪的实力。

从实用和价格的角度出发，建议普通应用选购便携型的频谱仪为佳。

频谱仪的发展趋势

频谱仪的内部电路从模拟型向程控数字型进化，也有明显的性能档次区分。早期的频谱仪和初级产品都以模拟线路为主，通过类似示波管的CRT显像管来显示频谱图。这类产品大多在CRT管上没有字符显示，也不具备自动数字化测量功能，读出幅度值的时候要自己对比CRT管上的刻度，频率设定显示要通过额外的LED或者拨码开关来显示。这类产品分辨率通常也不高，在100kHz左右，技术已经比较落后了，在二手市场上价格较低，只能满足初级应用，不适合精密测量，二手市场常见的型号有TR4122、TR4132、AT-5005、AT-5010等。



模拟频谱仪

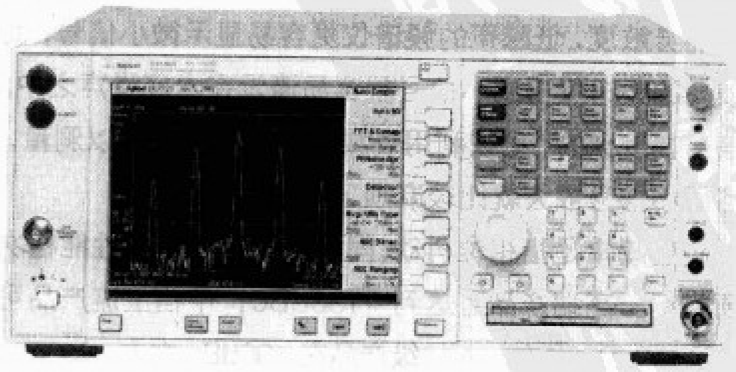
随着科技的发展，大量程控技术、数字化技术和微电脑的开始应用，频谱仪的性能水平进入了一个新层次。这一时期的频谱仪以HP8560-8565为代表，直到现在，这些频谱仪依然是很多单位仪器的主力，并且大量出现在二手市场上，是我们在二手市场最容易买到的、具备高性价比的频谱仪。对于没有特殊应用要求的个人和场所，笔者推荐这一档次的产品。这时候的制造水平，分辨率已经可以达到 1Hz，并且提供较低的噪声和较高的灵敏度和动态范围。操作界面上，机械开关基本完全被电子开关和键盘所取代，CRT屏幕提供可视菜单化操作，并具备多种自动数值测量功能。

现代新型频谱仪普遍采用彩色 LCD 液晶显示器，此举可以有效减轻频谱仪的重量和故障率，并可以提升显示效果。同时现代频谱仪的数字化比例日益提高，有些产品的基础操作系统甚至直接就是微软 Windows 系列。进一步增强扫描速度和测量精度，更低的噪声和更大的动态范围是现代频谱仪永无止境的追求目标。目前市场上主流产品是Agilent PSA 和 ESA 系列以及 R&S FSU 和 FSP 系列。对于日益复杂的信号要求，实时频谱仪新技术跃上水面，它将带来下一代频谱仪的变革。

频谱仪的性能与档次

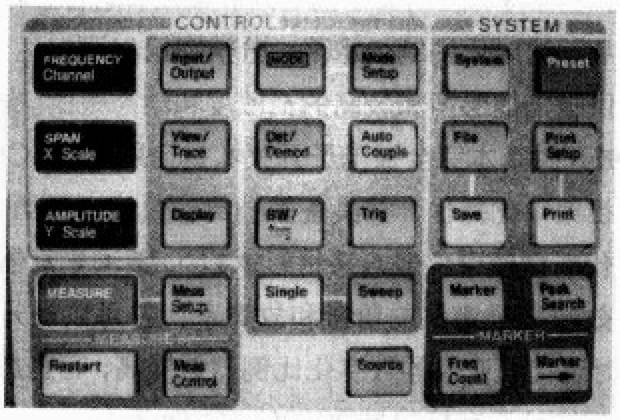
通常，厂家按照不同的应用需求划分不同的性能档次的产品系列，并在系列中再按支持最高工作频率来划分具体产品。所以一台工作频率较高的频谱仪，其性能并不一定比工作频率较低的频谱仪优良，尽管它在工作频率范围上更为宽广。快速、全面衡量一台频谱仪的性能和特性通常关注以下项目。

频率范围 指频谱仪工作频率范围，这也是大部分购买频谱仪用户最关心的问题之一。工作频率范围不能覆盖测试需求，性能再好也是白搭，常见的通用频谱仪最低工作频率通常在几千赫兹到几十千赫兹。对于音频信号测试，有专用



Agilent E4440A

的频谱仪产品；对于高频领域和微波测试的用户，主要关心频谱仪的最高工作频率；对于普通通信产品的生产和维修，一般选购3GHz左右的频谱仪就够用了；对于实验室测试和微波应用，就需要更高频率范围的产品。目前中档频谱仪的频率范围普遍可以到达20~30GHz，高端产品可以达到40~67GHz，低端产品大多在1GHz左右。二手市场上低价位的老频谱仪最高工作频率多在1GHz左右，精度也不是很高，适合业余条件下的基础应用。



频谱仪功能设置区

结构类型 指频谱仪的工作和控制原理，这在前面已经有所提及。老式的模拟频谱仪基本已淘汰，数控和数字化的频谱仪是目前应用的主力。数字化的频谱仪中心频率和扫宽等主要参数都可以通过键盘直接输入。

分辨率带宽(RBW) 是指测量频谱的带宽。它是由中频滤波器的带宽所决定的，通常要求RBW等于被测频谱带宽。中高档的频谱仪RBW已经可以做到最小1Hz，并可以自动或者手动数字化设置RBW带宽，档次较低的频谱仪的最小RBW带宽就做得比较粗。从实用的角度来看，中档频谱仪的最小RBW不应大于1kHz。RBW的设置与频谱仪的显示噪声电平有关，特别是抓取微弱小信号与正确设置RBW有很大关系。

平均噪声电平是指频谱仪在没有信号输入时显示平均电平的水平。该指标直接关系到频谱仪显示微小信号的能力，也是频谱仪档次的重要指标之一，高档的频谱仪目前可以做到优于–158dBm@1Hz，而一些入门级产品和老产品只能提供–100dBm水平。平均噪声电平从一方面也可以理解为频谱仪的灵敏度，低噪声的频谱仪更容易显示微小信号，而噪声较高的频谱仪遇到小信号就容易淹没在本底噪声之中。输入信号幅度大的，可以利用衰减器等比缩小后加以测量，但要将微小信号放大就比较麻烦了。

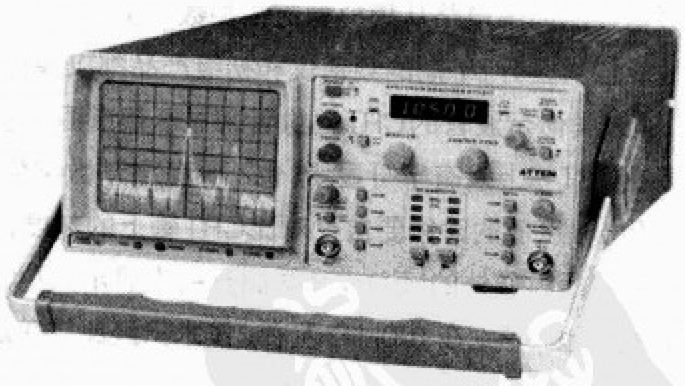
相位噪声是指相位抖动，同样是标志频谱仪性能档次的重要指标。高端产品可达到–133dBc，中档主流产品可以到达–113dBc左右，入门级产品在–90dBc左右。

测量功能与精度 中高档的频谱仪具备多种自动测量功能，最基本的就是信号幅度测量，可以数字化地以dBm等为单位显示信号幅度水平。中档的频谱仪测量精度可以优于0.5dB。数字化的频谱仪可以标定多个测试参考点（Mark功能），并进行差值计算，这是平时常规测试中最常用到的功能。此外信道功率测量、带宽占用测量等功能都是常用到的。有的产品还对常见的CDMA、WCDMA、GSM、WI–FI、蓝牙等复杂信号提供特殊的优化测试模式，可以更方便准确地测量，对于特殊应用和专业用户有特殊的意义。

附加功能 频谱仪最常见的附加功能是跟踪发生器，跟踪发生器对大部分频谱仪来说是一个选装的附件。跟踪发生器配合频谱仪可以拓展频谱仪的应用，可以用来测试端口网络的频率特性，用来调整滤波器、滤波网络、通信上用到的双工器，性能优于普通的模拟扫频仪。在选购二手频谱仪时，带跟踪发生器的频谱仪价值更高一些，要注意频谱仪前面板除了输入接口外是否有信号输出接口，一般会标RF out字样。

常见频谱仪的品牌

目前市场上，高端频谱仪以Agilent 、Rohde & Schwarz、TEKTRONIX（泰克）为主，日本Anritsu的产品也不错。中档产品中，老的HP 85xx系列的频谱仪依然风采不减当年,国内HP8563系列拥有量比较多，其频谱显示范围广，性能也不错，便携固定两用，在二手市场也比较多见，值得推荐。市场上常见的频谱仪中，国外品牌还有Advantest、Aeroflex/IFR、Anritsu、Welltek等。国内入门级的产品，如安泰信的AT–5005、AT–5010以及其OEM的其他品牌产品最为多见，还有一些日本老式产品。



安泰信 AT5011

二手频谱仪的验收

第一步看外观，有没有重大的磕碰，有没有雨淋进水的痕迹，所有按钮是否齐全。注意观察频谱仪正面的信号输入口，从接口内圈的氧化程度可以判断频谱仪存放环境的优劣。如果严重氧化或者明显是被打磨过的，就要小心整机状态了。同时也可以观察频谱仪后部接口的氧化程度，借以判

断频谱仪受潮状况，这些地方是翻新难度最大的地方。如果打算联机使用数据通信的，要注意频谱仪后面的GPIB等接口，因为很多通信接口是选装件。另外从一些频谱仪的铭牌标签上还可以看出该仪器的内部选件安装情况。

第二步看开机，在确认220V电压的情况下开机。开机过程中要注意频谱仪开机时的自检信息有没有报错，大部分中高档的频谱仪都有自检功能和选件安装显示功能，自检除了可能在每次开机时显示外，很多机器还能从菜单中调用，以初步测试频谱仪的“健康”状态。对于CRT显示部件的频谱仪，开机时注意观察屏幕亮度、聚焦、场幅、稳定度。如果要开机一段时间才能清晰显示，则说明仪器显示部分多少已经有些问题。

第三步试机，首先确认所有按键都有效，旋钮和电位器工作正常，可以调出机器的自检功能进行详细的自检和简单校准。频谱仪最容易损坏的是输入衰减器部分，由于误操作将过大功率的信号送入频谱仪，容易导致衰减器或者混频器的烧毁。可调衰减器是工作最频繁的部件，也是比较容易出现故障的地方。衰减器故障会导致频谱仪探测到的信号幅度异常，幅度测量误差也自然随之大大增加。测试频谱仪的频谱显示功能和幅度测量准确度最好有比较精密的信号源，这样可以测试各频段和各种幅度信号，对比频率基准的准确度和信号幅度测量的准确度。在没有现成信号源的情况下，我们可以利用88~108MHz空中的FM调频广播信号。为频谱仪的信号输入口安装上天线或者一段导线可以很容易收到强大的调频广播信号，在正确显示的基础上手动调节频谱仪的内部衰减器，观察屏幕显示信号幅度的变化情况是否与衰减设置相等。你也可以带一部对讲机作为信号源进行测试，但需要注意的是，不可将对讲机发射信号直接通过电缆直接输入频谱仪，需要通过适当的衰减器或者采用天线空中耦合的方式（将对讲机天线靠近频谱仪发射）进行测量。此外，有的频谱仪在面板上提供了校准电平信号端口，我们在验机的时候可以充分利用。我们还可以利用自动频标功能（auto mark），自动测量、显示频率数值，并以此对比校验频谱仪基准频率的误差。

频谱仪属于高价值精密仪器，所以在购买前要对具体型号的频谱仪作深入了解，在网上可以查阅其性能和下载操作手册，事先了解其基本操作，在验收时才能不为商家所摆布。

最后说一下，在一些其他的仪器里，有时也会具备频谱分析功能，比如通信测试仪器（俗称综合测试仪）、场强仪、示波器，但除非是比频谱仪更精密的仪器，一般这些仪器提供的频谱功能（包括扫描速度、动态范围、频域范围）都不能与专业频谱仪相提并论。

衰减器的选择

衰减器是频谱仪最紧密的伙伴，就像示波器和探头一样。由于频谱仪信号输入端输入信号幅度比较小，多在+10~+30dBm(0.01~1W)之间，所以当测试对讲机和电台之类发出较大功率的信号时，就需要外接衰减器，将信号缩小后给频谱仪测量。频谱仪在输入信号过大时容易出现问题，所以为了得到频谱仪最佳显示效果，需要提供合适幅度的信号。

衡量一个衰减器最主要的3个指标是衰减量、功率、频率范围。常见的衰减器有固定衰减量的产品，也有衰减量可调的产品。根据承受功率，有装备大型散热器的功率型衰减器，也有小巧的信号衰减器。衰减器有工作频率指标，这是指衰减器在此频率范围内可以保持固定衰减量。对于固定衰减量的衰减器来说，功率越大，工作频率越高，价值也越高。衰减器有阻抗特性指标，常见的有50Ω和75Ω的规格，在射频系统中必须使用阻抗特性一致的衰减器，否则将影响信号传输和衰减精度。有些衰减器只能单向工作，反向输入太大功率信号会烧毁其内部元件。这类衰减会在其输出端口有明显的警告标志，使用的时候一定要注意方向性。作为固定衰减器，一般常用的是20~40dB衰减量的产品，功率视所测信号大小而定。衰减器理论上是可以串联使用的，衰减总量为累积相加。不过在精确测量时，过多衰减器接头损耗引入的衰减量增加会影响精密测试的准确度。同样规格的衰减器提供不同的电缆连接口，建议配用合适接口的电缆，少用转接头。市场上BIRD、JWF、Huber suhner、Aeroflex/Weinschel等是常见的衰减器知名品牌。

BIRD 20dB

有故障的衰减器大部分是因为有过大的功率信号输入而导致发热烧毁的，一般从外表上很难看出来，这就需要通过测试来判定衰减器的性能。对于一些接口氧化严重的衰减器，很容易影响其衰减精度，尤其是在频率较高的应用场合，这一点我们需要注意。对于衰减器验证性能指标，最容易的还是使用网络分析仪来检测，用频谱仪也可以粗略检测。如果你的频谱仪有跟踪源，那测试起来就会方便很多。简单的方法是将衰减器串入频谱仪的信号输入通路，然后观察输入信号幅度的减小量是否与衰减器标称数据相等，可以多找几个跨度大的频率测试，看看结果。如果使用跟踪源，就可以方便地用曲线图形连续显示衰减器在一段频率范围内的衰减状况。

示波器使用三板斧（一）
——测量单片机和遥控器篇

○ 文／黄勇 葛中海

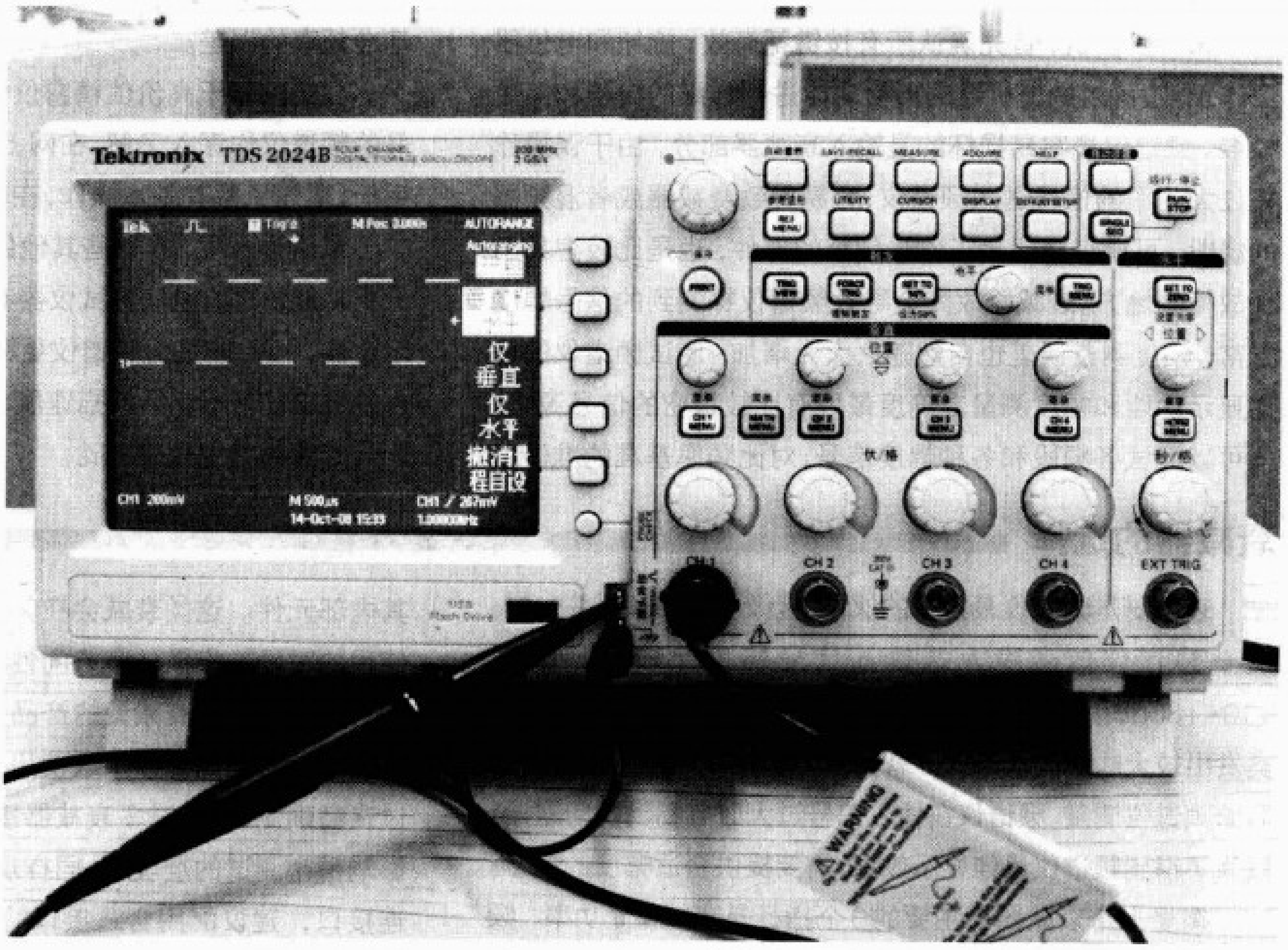


图 1 TDS2024 数字示波器外观图

本文以 Tektronix（泰克）TDS2024 四通道数字存储示波器（Four Channel Digital Storage Oscilloscope）为测量仪器，通过测试单片机、激光设备（CD-ROM、VCD、DVD）和 MP3（或 MP4）有关特征信号，讲述怎样使用示波器。通过观察测试波形、分析电路说明示波器与万用表相比有无法比拟的优越性。图 1 是 TDS2024 数字示波器外观图。

TDS2024初始上电后需要30～60秒左右进行初始化和自检。

把探头开关设定到 10 ×，见图 2。将探头接到示波器 CH1 通道，再把探头的端部和接到“探头补偿”（5V@kHz）见图 1，则示波器屏幕显示如图 3 所示，图中黑色圆圈及旁边数字为笔者所加注。

一、基本介绍

为了学习示波器的测量，读懂屏幕上的有关信息，现将图 3 中各数字编号代表的意义简单说明如下：

1.直流零电平位置；旋转“CH1 MENU”按钮上面的“垂直移动”旋钮，可以在垂直方向上整体平移波形，如图 4 所

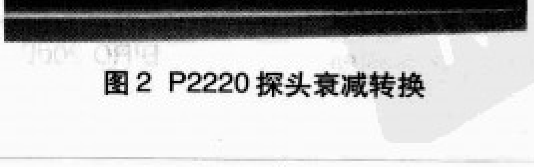


图 2 P2220 探头衰减转换

示的波形上移了0.76V。

2.波形采样方式（TDS2024有3种，这是其中一种）。

3.触发状态（TDS2024有7种）——该显示的意义是示波器已发现一个触发，并正在采集触发后的数据。

4.使用标记显示水平触发位置（目前处于“中心”位置）。

5.因为图3标记显示水平触发位置处于“中心”位置，所以显示“0.000s”。旋转“水平位置”调整标记，如图5所示波形左移860.0μs。这个功能在实际测量时，通过平移而观察波形相对位置非常有用。

“水平位置”旋钮上边为“设置为零”按钮，按下一次即可恢复到屏幕的“中心”位置。

6.显示边沿或脉冲宽度触发电平的标记。当前显示为数字“9”所示的250mV。旋转“电平移动”调整标记可以调整它相对于零电平的位置。这个功能在实际测量时，通过平移而观察波形相对位置非常有用。

“电平移动”旋钮左边为“设为50%”按钮，按下一次即可恢复到波形垂直方向的“中心”位置。

7.垂直衰减挡位：200mV/格。

因为探头衰减10倍，所以测量读数时应把200mV乘以10即2V。由于方波信号在“垂直方向”占据约2.5格，于是有 V_{p-p}=200mV × 10(倍) × 2.5=5V_{p-p}——这恰恰是“探头补偿”（5V@kHz）的设定数值。

8.时基挡位：秒/格=500μs。由图3所示一个周期“水平方向”占2格，所以 T=500μs × 2(水平)=1ms，因此被测信号为1kHz。

此外，屏幕上还有“触发类型”、“读数时间”和“读数频率”等信息。

二、基本调试

在实际自检测量时屏幕显示未必一定如图3所示，往往还会看到图6所示的“过补偿”和图7所示的“欠补偿”波形，这样的波形不能准确反映原始信号的形态，因此必需对探头进行适当补偿。如图8所示用螺丝刀转动探头调节电位器，直到观察到如图3所示波形方可。

三、开始测量

如果您需要查看电路中某个信号，但又不了解该信号的幅度或频率，希望快速显示该信号，并测量其频率、周期和峰峰值幅度，可使用“自动设置”，按如下步骤进行：

1. 按下CH 1 MENU（CHI菜单）按钮。
2. 按下“探头”→“电压”→“衰减”→10×。
3. 将P2220探头上的开关设定为10×。

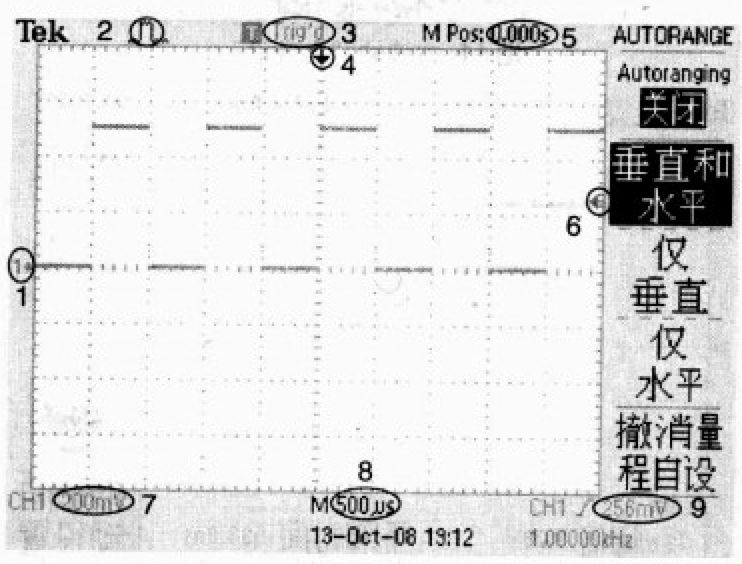


图3 初始上电自检测试波形

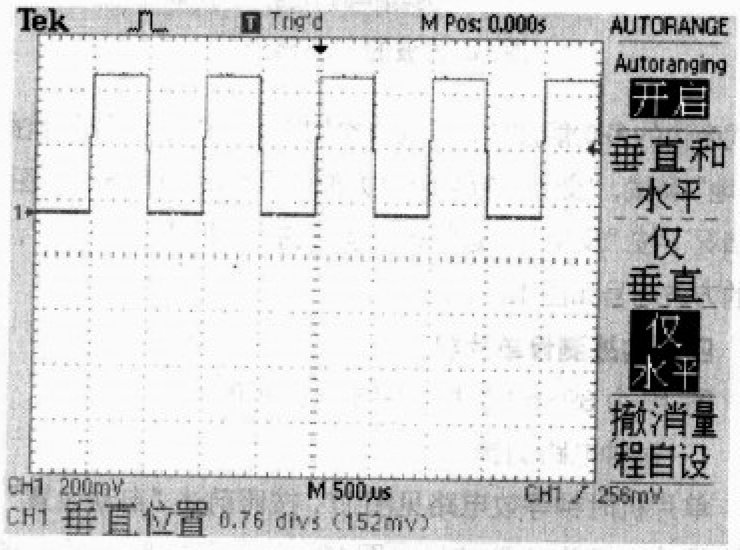


图4 波形上移0.76V

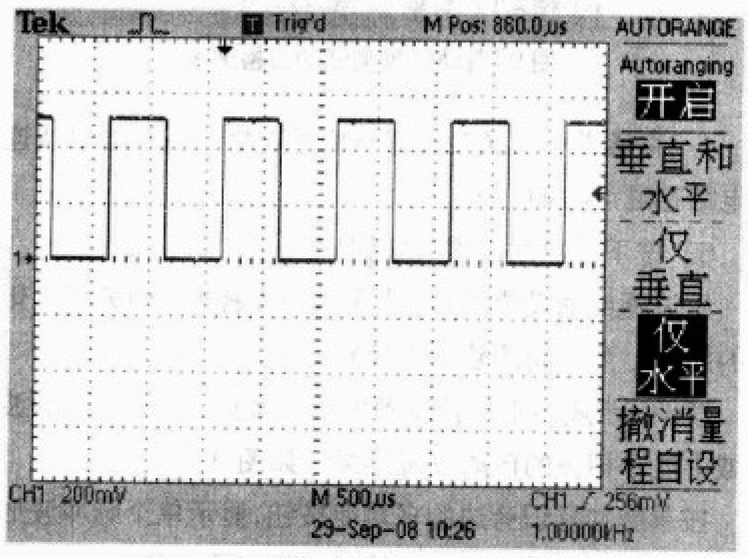


图5 波形左移860.0μs

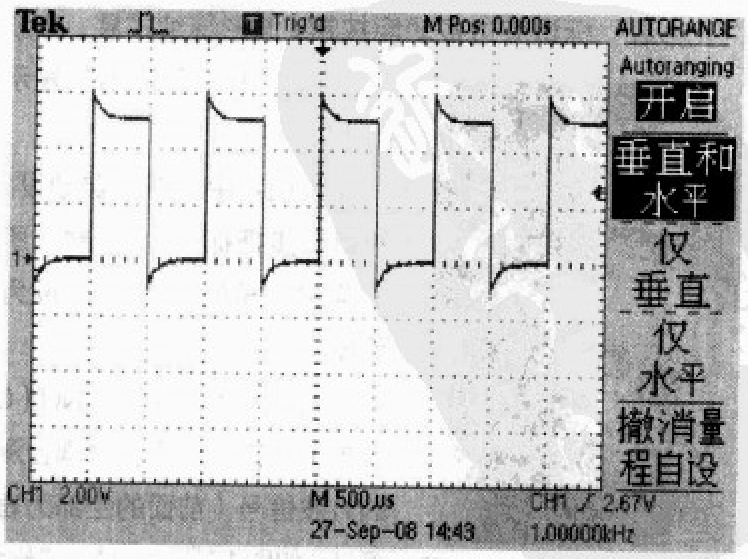


图6 波形“过补偿”

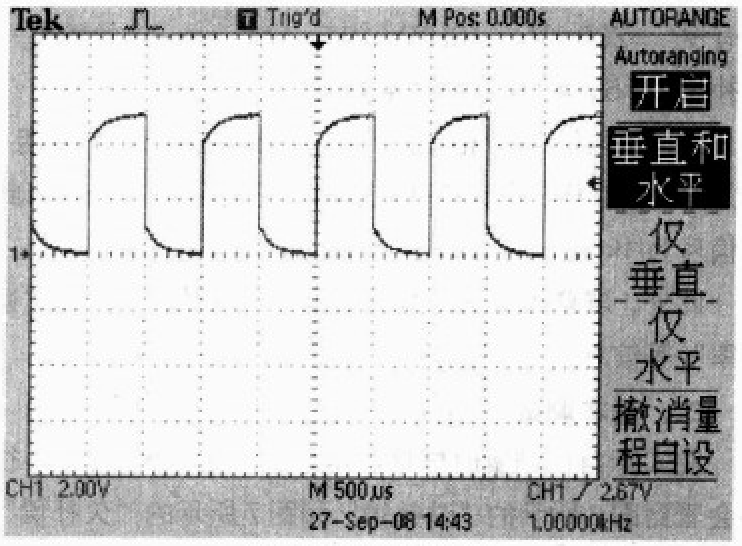


图7 波形“欠补偿”

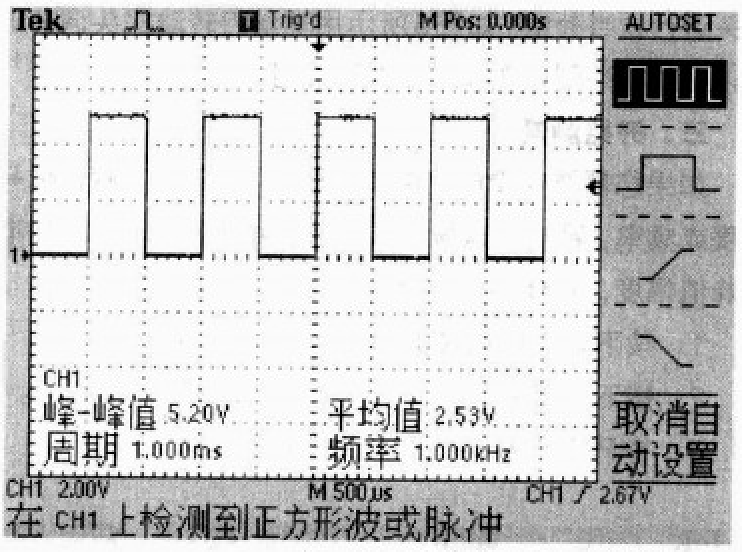


图9 自动设置测试的自检波形

4. 将通道1的探头端部与信号连接，将基准导线连接到电路基准点，如上图。

5. 按下“自动设置”按钮。

示波器自动设置垂直、水平和触发控制。如果要优化波形的显示，可手动调整上述控制。

说明：示波器根据检测到的信号类型，在显示屏的波形区域中显示相应的自动测量结果，如图9所示。

按单脉冲标识旁边的多功能按钮，显示单个脉冲波形如图10，以便精细观查、分析方波信号。再分别按“上升沿”和“下降沿”标识旁边多功能按钮，波形继续扩展，方波的“上升沿”和“下降沿”显示如图11、12。

图8 探头P2220调节电位器

说明：由于在“自动设置”的第二步把探头10×乘，所以屏幕左下角的2.00V挡位为实际显示。

再次按下CH 1 MENU（CHI菜单）按钮，显示直流耦合测试的方波信号（前面的全部为直流测试）如图13所示。按下“耦合”方式旁边的多功能按钮，可以依次切换到“交流”耦合测试和“接地”测试，“交流”耦合测试方波信号如图14所示。在图14的情况下按“反相”旁边的多功能按钮，反相功能“开启”，测试的方波信号如图15所示。

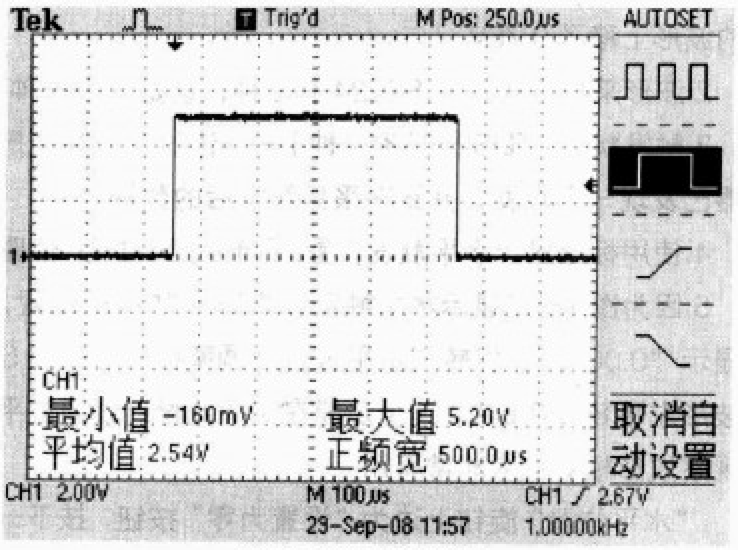


图10 单个脉冲波形

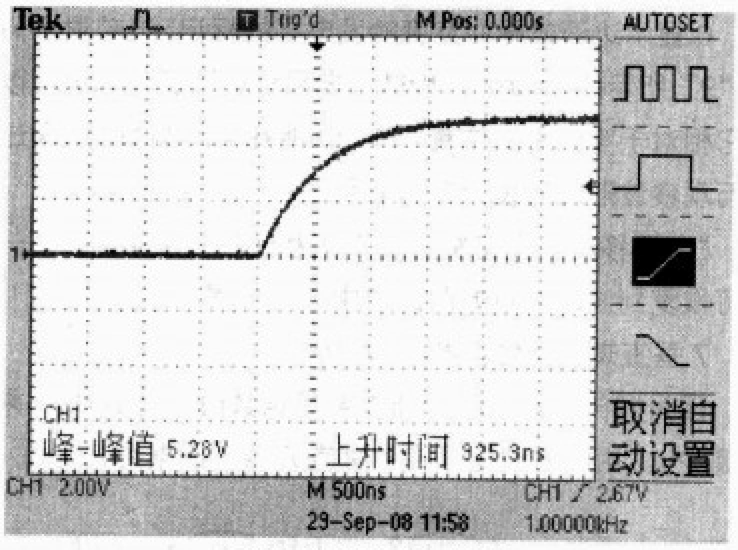


图11 方波的“上升沿”

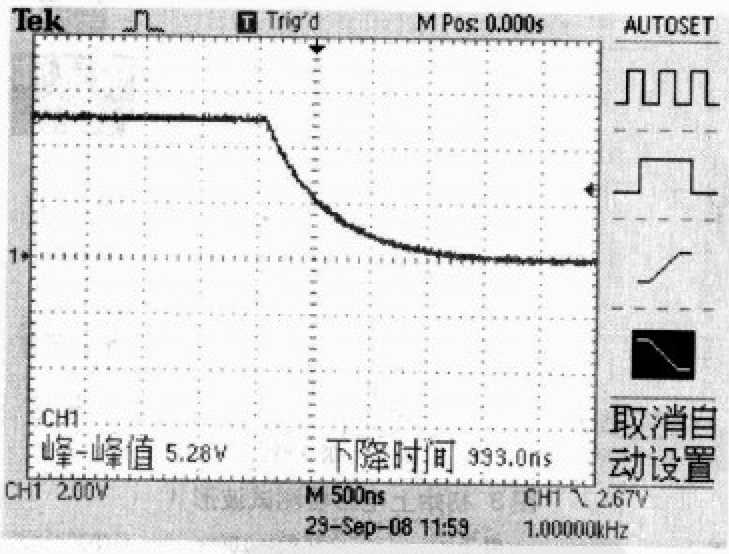


图12 方波的“下降沿”

四、实战测量单片机

图16为89S52单片机完整电路板图。

1. 时钟电路测量

单片机时钟等效电路见图17，按照前述“自动设置”步骤测量单片机第19脚波形见图18。单片机18脚的振荡波形

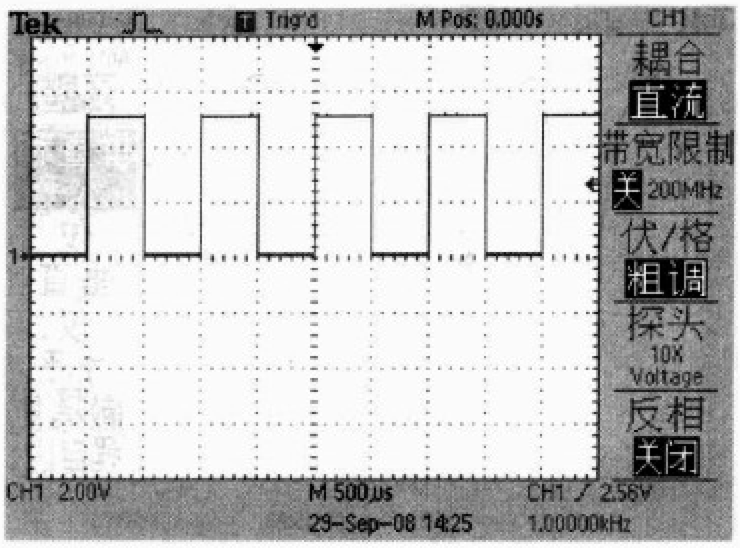


图13 直流耦合测试的方波信号

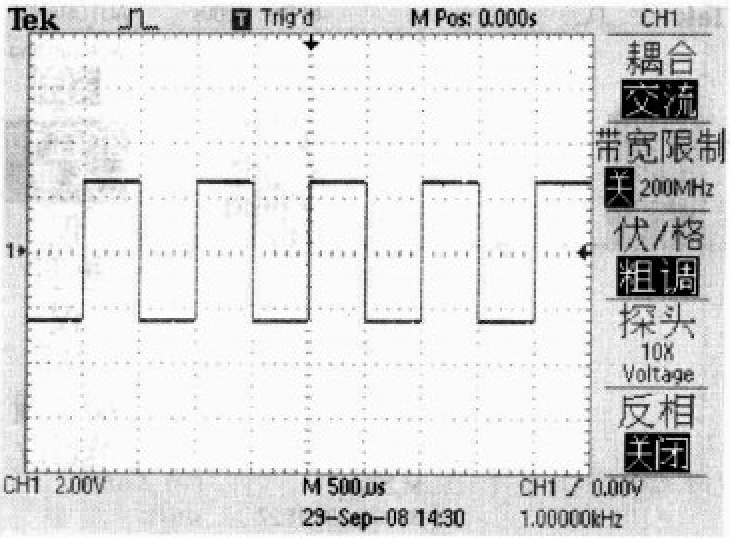


图14 交流耦合测试的方波信号

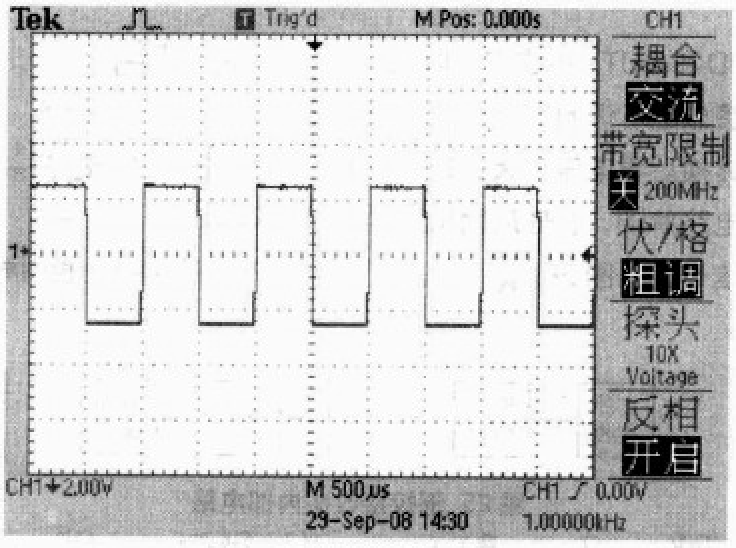


图15 反相测试的方波信号

幅度比19脚波形稍大且有轻微变形，在此从略。

2. 数码管控制电路测量

本系统数码管控制电路见图19。四位数码管的段a~g和dp共用，四位数码管的位控为CS0~CS3，任意一个数码管的七段和dp的二极管阳极连在一起、阴极独立。当a~g和dp输出一种组合，若此时CS0为高电平，则第一位数码管显示相应数字，其他数码管熄灭；若CS1为高电平，则第二位数码管显示其他数码管熄灭……如果流动刷新的速度非常快，则因为人的眼睛有视觉残留效应，就会觉得四位同时

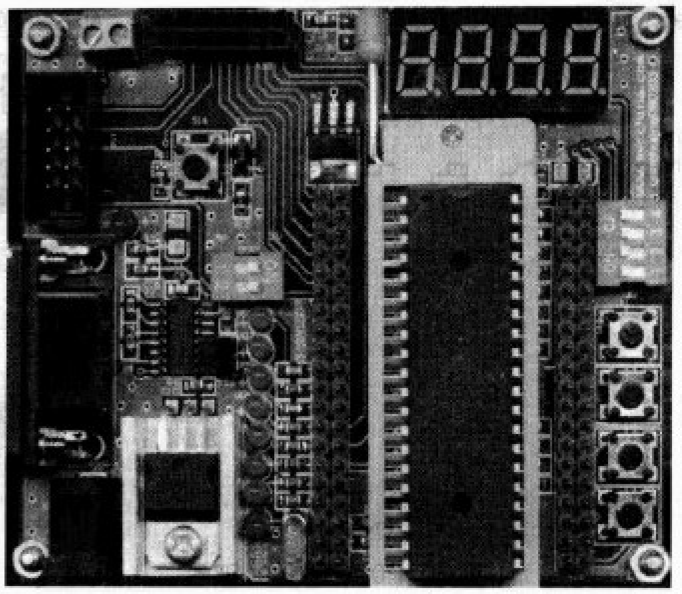


图16 89S52单片机

亮。

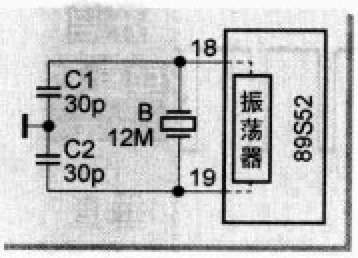


图17 单片机时钟等效电路

实测发现在软件运行于计数状态下，波形呈无规则变化，按“自动设置”测量不合适，用“自动量程”测量P0.0（a段）波形见图20，P2.0（CS0位）波形见图21。

从图20中可以看出许多窄脉冲，一般地说是电源滤波电路不够好。

五、实战测量遥控器

1. 时钟电路测量

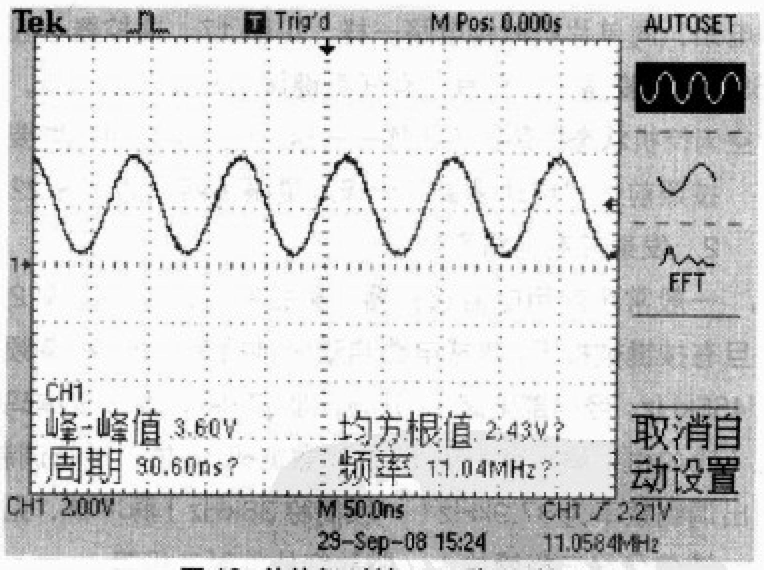


图18 单片机时钟（19脚）波形

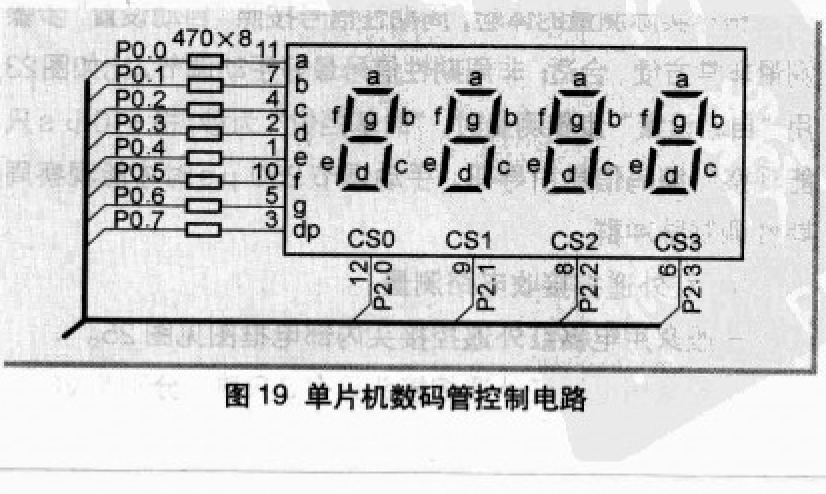


图19 单片机数码管控制电路

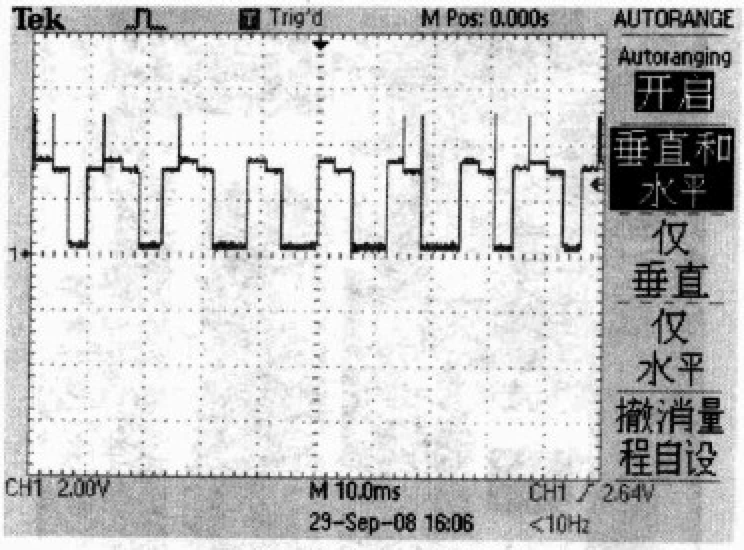


图20 P0.0（a段）波形

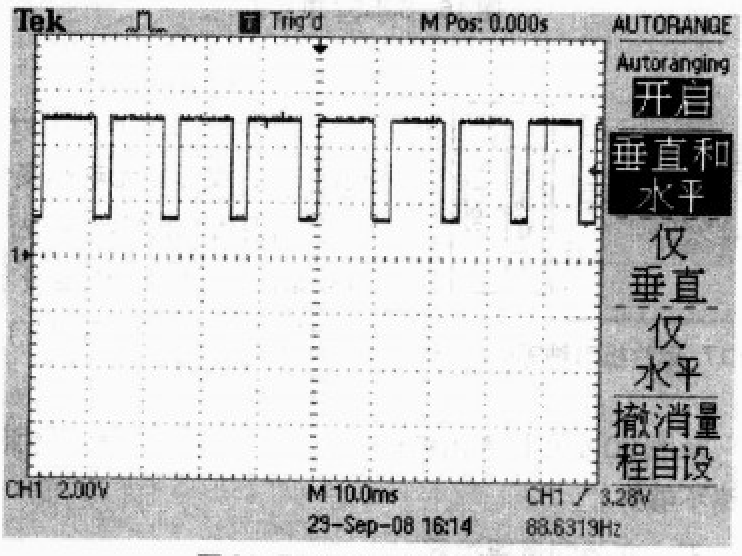


图21 P2.0（CS0位）波形

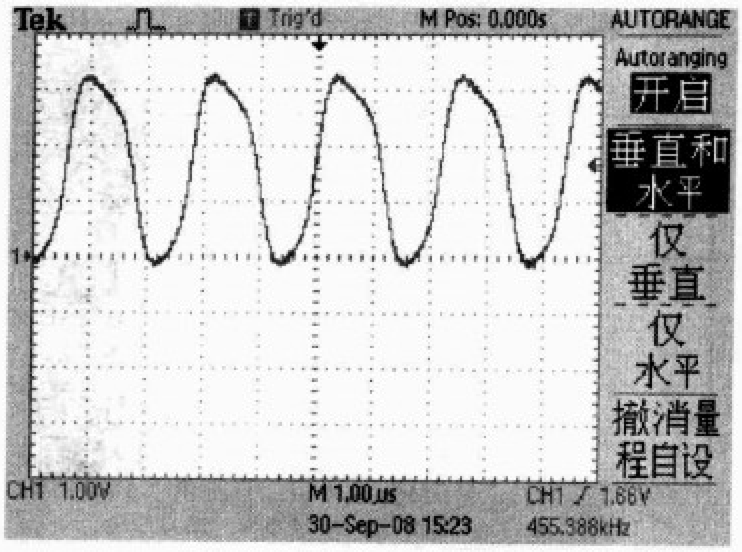


图22 遥控器时钟振荡波形

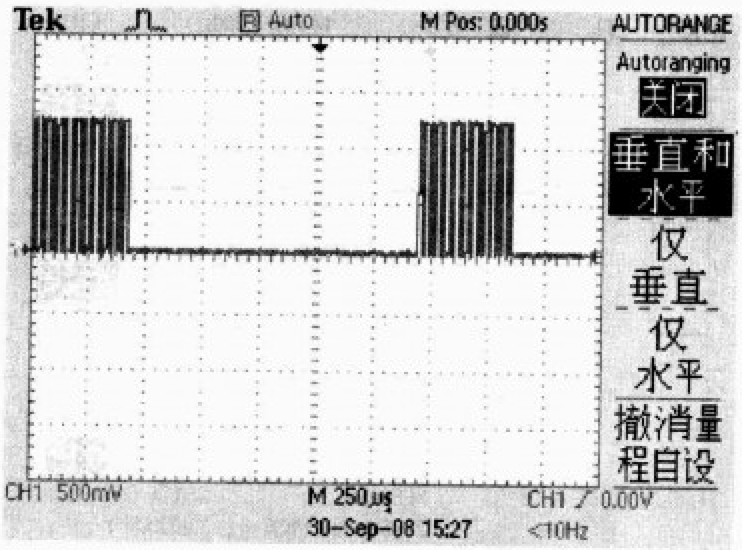


图23 遥控器脉冲编码波形

常用家用电器如电风扇、VCD、DVD和组合音响遥控器的电路，同单片机时钟电路一样，见图17。遥控器一般用455kHz陶瓷振子，只有当有任意键按下时振荡器工作，平时空闲待机状态振荡器不工作——这样做是为省电的需要！

按照前述“自动设置”步骤测量振荡器波形见图22。

2. 发射控制电路测量

一般常用家用电器遥控器发射控制输出电路见图24。一旦有按键被按下，集成电路启动时钟振荡电路，振荡频率约455kHz，经内部电路12分频，即37.9kHz对按键编码信息（比如引导码、客户码16位和数据码16位）进行调制、输出调制频率为37.9kHz（一般简称38kHz）脉冲群，见图23，该信号经三极管放大、驱动红外发射二极管。

根据实际测量的体验，周期性信号按照“自动设置”步骤测量非常方便、合适；非周期性信号最好手动调节，比如图23用“自动设置”步骤测量时，“时基挡位”为秒/格=10μs只能观察到编码信息引导码，手动调节250μs时才能观察周期性调制脉冲群。

3. 红外遥控接收电路测量

一般家用电器红外遥控接头内部电框图见图25。

一般家用电器红外遥控接头只有3只脚，分别为VCC、GND和OUT。接收窗口收到（光电管感应）调制红外光波，经光电转换后再电压放大，随后有解调电路解调、整形后输出脉冲编码信号，见图26。

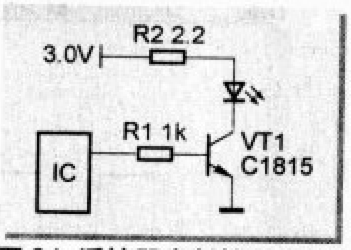


图24 遥控器发射控制电路

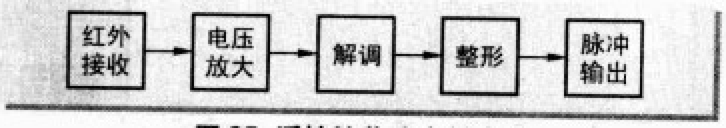


图25 遥控接收头内部电路

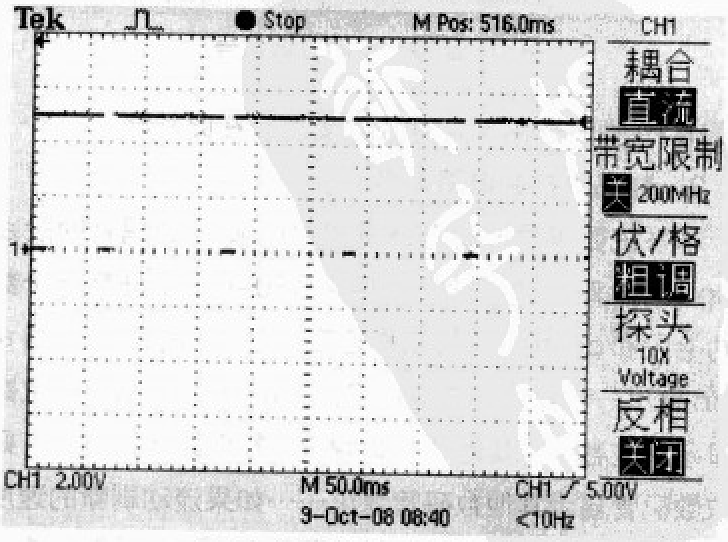


图26 遥控接收头输出波形

示波器使用三板斧（二）

——测量激光设备篇

○ 文／黄勇 葛中海

一般激光设备如CD-ROM、DVD-ROM、VCD机、DVD机等的光头经前置放大（HEAD AMP ）集成电路处理，都会形成3个重要信号：RF、FE和TE，它们的意义分别是射频信号（Radio Frequency）、聚焦误差信号（Focus Error）和循迹误差信号（Track Error），下面分别讲述。

1．射频信号RF

图1、图2所示是RF形成等效电路及实测取点。A、B、C和D是4个感光二极管（Photodiode），经电流－电压（I-V）转换后获得代表感光二极管受光强度的电压信号，然后经“加和放大器”（RF Summing AMP）放大，最后再经电压均衡放大（Equalizing AMP ）、对高频适当补偿，最后形成完整的RF射频信号，一般用表达式 $V_{RF} = K\cdot(A+B+C+D)$ 描述，其中 K 为通道总的电压放大倍数（说明：每种前置放大集成电路的处理方式稍有不同，K 值也各有差异）。

RF射频信号俗称网眼图。对于某种具体机型，可从网上查找出其前置放大集成电路资料，然后寻找要测试的RF点位，按照“自动设置”步骤测量，如图3、图4所示。用

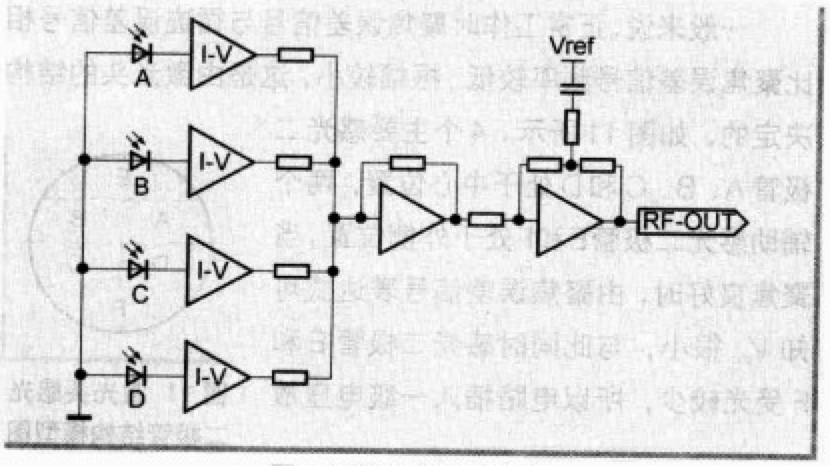


图1 RF形成等效电路

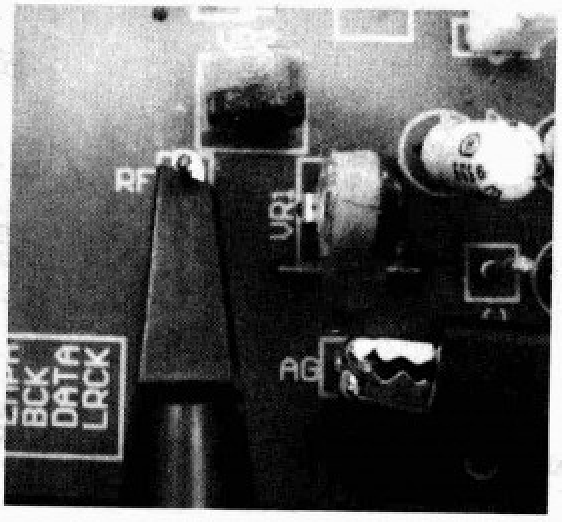


图2 RF信号实测取点

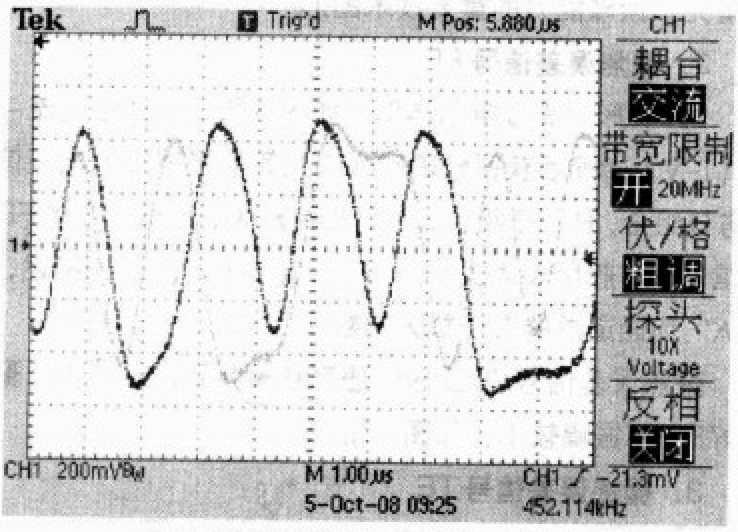


图3 RF射频信号（网眼图，截屏）

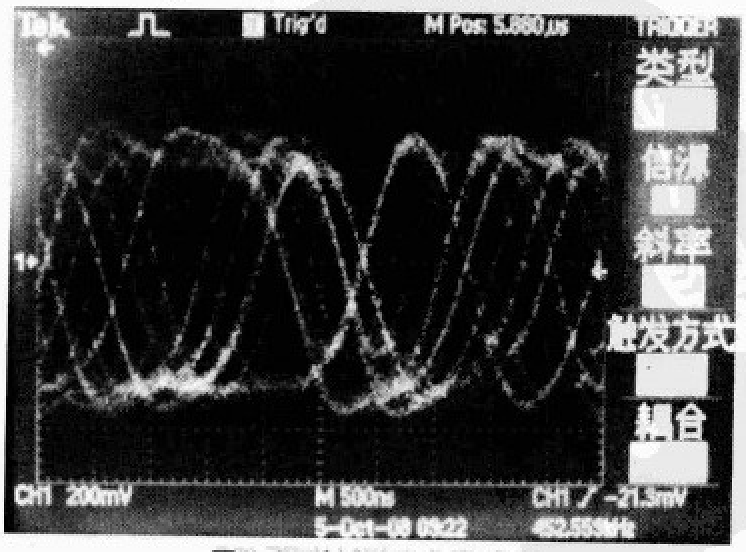


图4 RF射频信号（实拍）

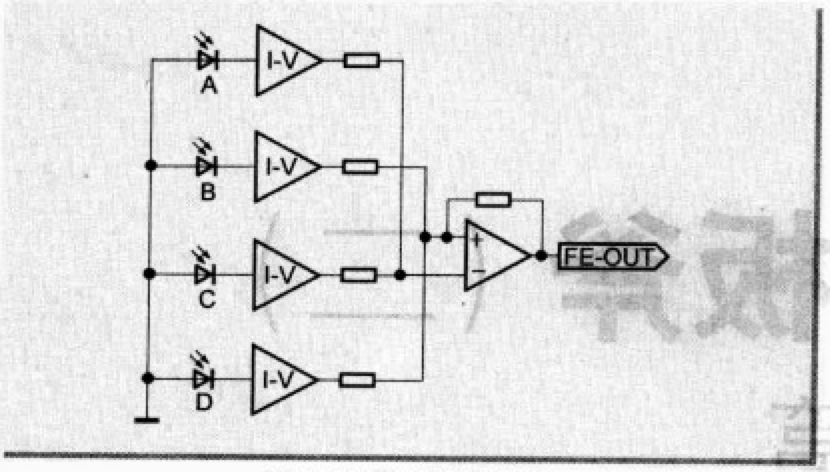


图5 FE形成等效电路

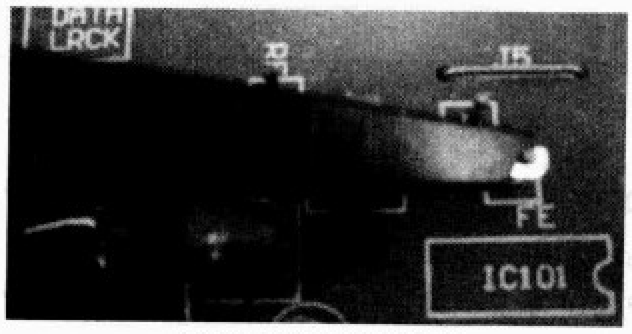


图6 FE信号实测取点

数字存储示波器动态观察RF射频信号不如模拟示波器直观，因此截屏并不是网眼图，与直接看屏幕不相同（人的视觉暂留效应）。

另外需要说明的是：网眼图的幅度和清晰度是判断激光设备光头读碟能力的重要技术图形。

2．聚焦误差信号FE

同RF形成等效电路类似。如图5所示，把经电流－电压（I–V）转换后获得代表感光二极管受光强度的电压信号A与C组合，B与D组合，然后相减放大，形成完整的FE误差信号，一般用表达式 $V_{FE}=K' \cdot [(A+C)-(B+D)]$ 描述，其中 K' 为通道总的电压放大倍数。

聚焦误差信号FE反应伺服系统聚焦跟踪的能力，聚焦良好时FE振幅较小，如图7所示。

3．循迹误差信号TE

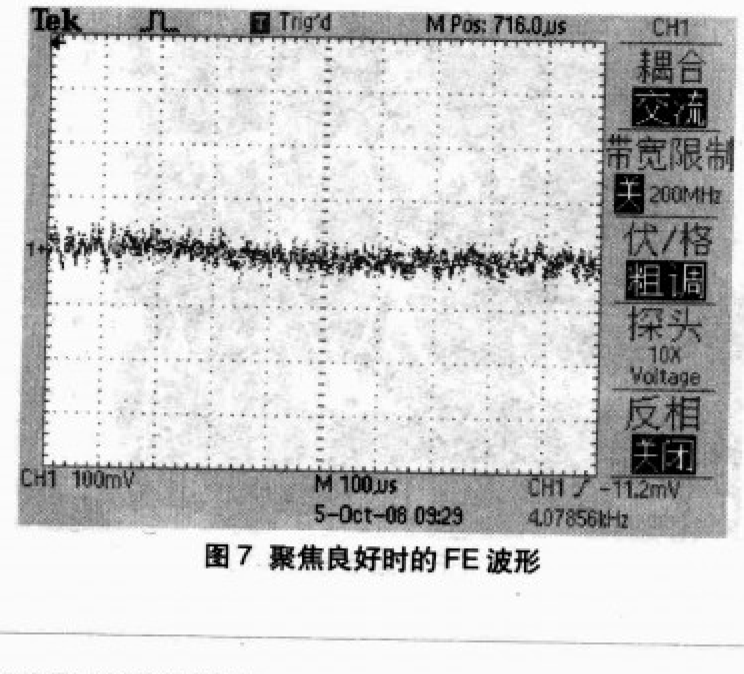


图7 聚焦良好时的FE波形

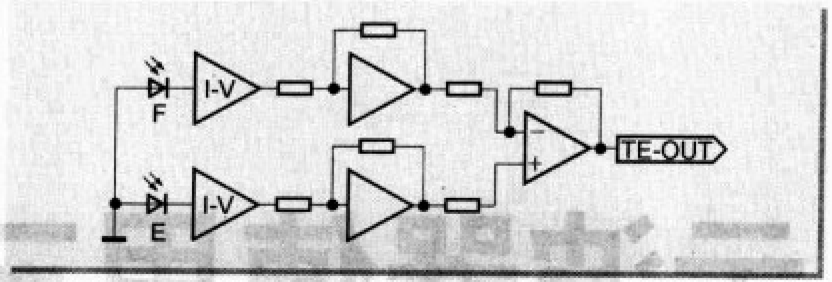


图8 TE形成等效电路

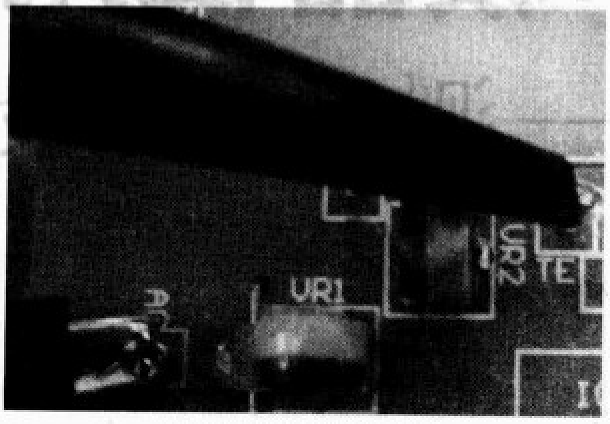


图9 TE信号实测取点

同RF形成等效电路类似。如图8所示，把经电流－电压（I–V）转换后获得代表感光二极管受光强度的电压信号E和F分别经电压放大，然后相减放大，形成完整的TE误差信号，一般用表达式 $V_{TE}=K'' \cdot (E-F)$ 描述，其中 K'' 为通道总的电压放大倍数。

循迹误差信号TE反应伺服系统循迹跟踪的能力，循迹良好时TE振幅较小，如图10所示。

4．聚焦、循迹误差信号对比说明

一般来说，正常工作时聚焦误差信号与循迹误差信号相比聚焦误差信号频率较低、振幅较小，这是由激光头的结构决定的，如图11所示。4个主要感光二极管A、B、C和D处于中心位置，两个辅助感光二极管E和F处于外侧位置。当聚焦良好时，由聚焦误差信号表达式可知 V_{FE} 很小，与此同时感光二极管E和F受光较少，所以电路插入一级电压放

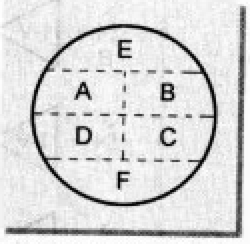


图11 激光头感光二极管结构模型图

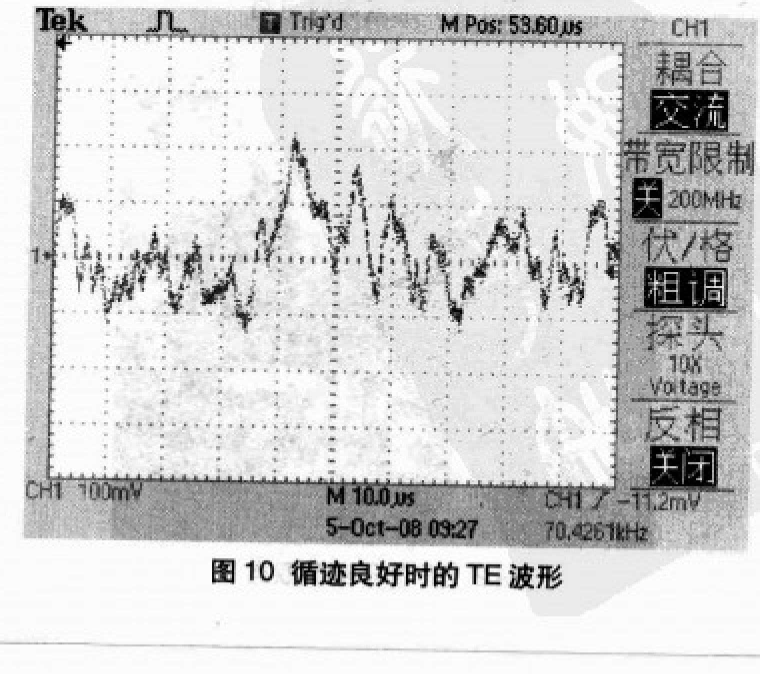


图10 循迹良好时的TE波形

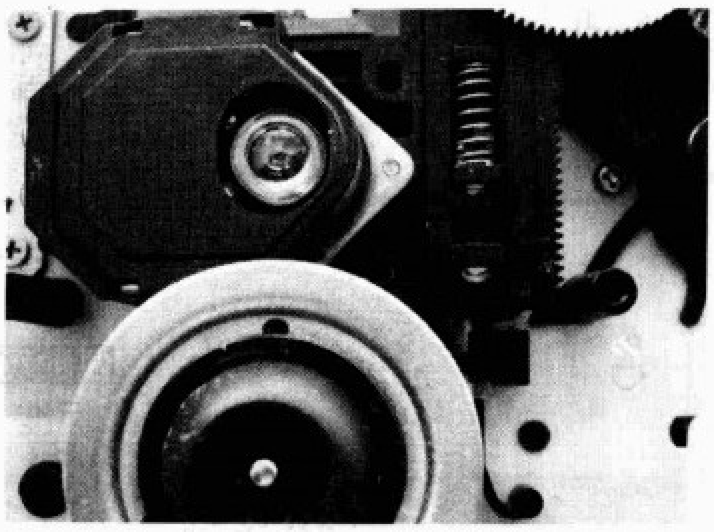


图 12 激光头实物图

大器，见图8。正常工作时，循迹误差信号比聚焦误差信号大，这一点也可以由图7和图10波形反映出来（提示：循迹误差电压放大倍数远远大于聚焦误差电压放大倍数，即 $K'' >> K'$）。

5. 数字音频信号

在激光设备中有3个数字信号非常重要，它们分别是LRCK（左右分离时钟，也叫字时钟）、BCK（位时钟）和DATA（音频数据信号）。在CD-ROM、CD和VCD中LRCK和BCK是恒定不变的，其中LRCK为44.1kHz，也就是音频信号的采样频率，见图13。BCK为2.1168MHz，见图14。

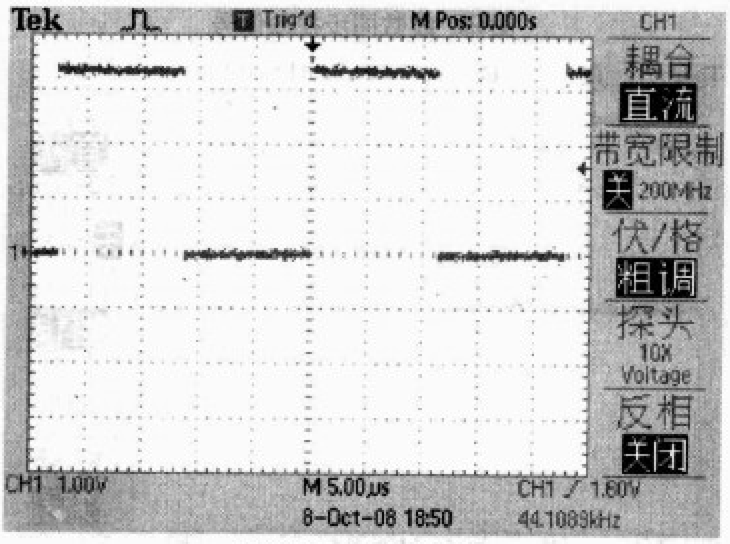


图 13 LRCK 信号图

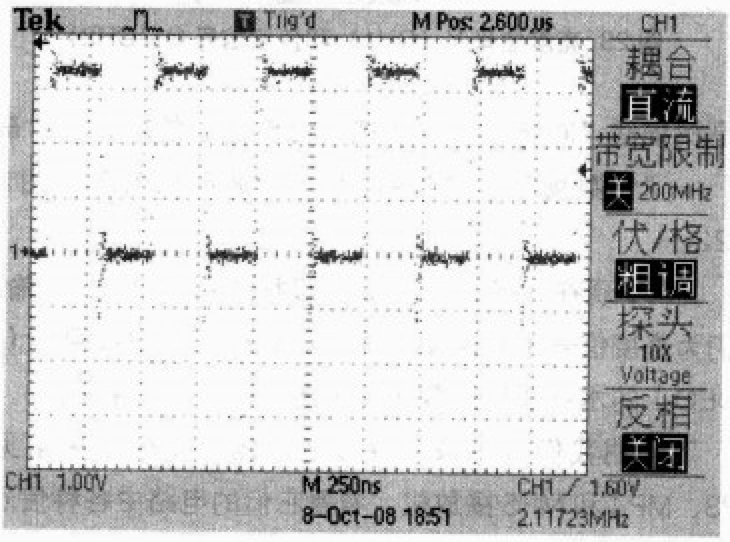


图 14 BCK 信号图

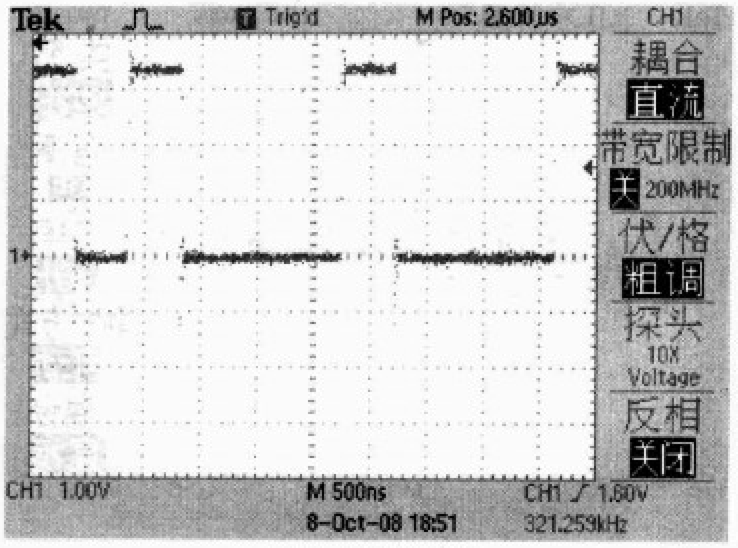


图 15 DATA 信号

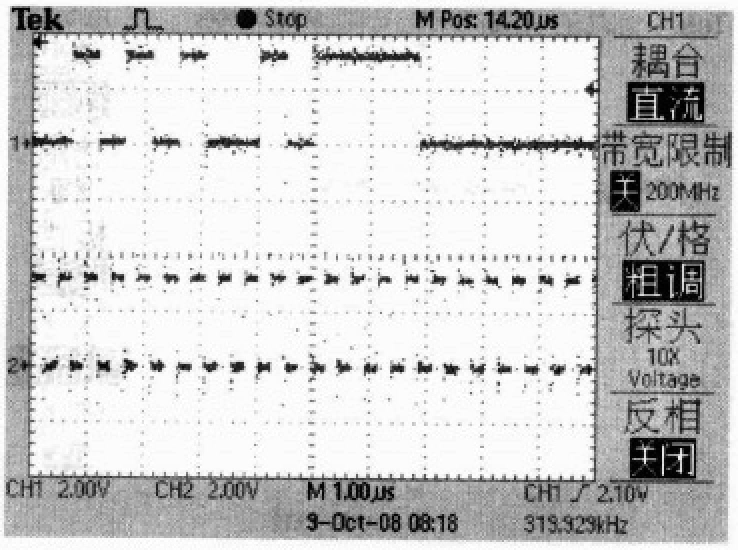


图 16 DATA（CH1）和 BCK 信号（CH2）相对关系

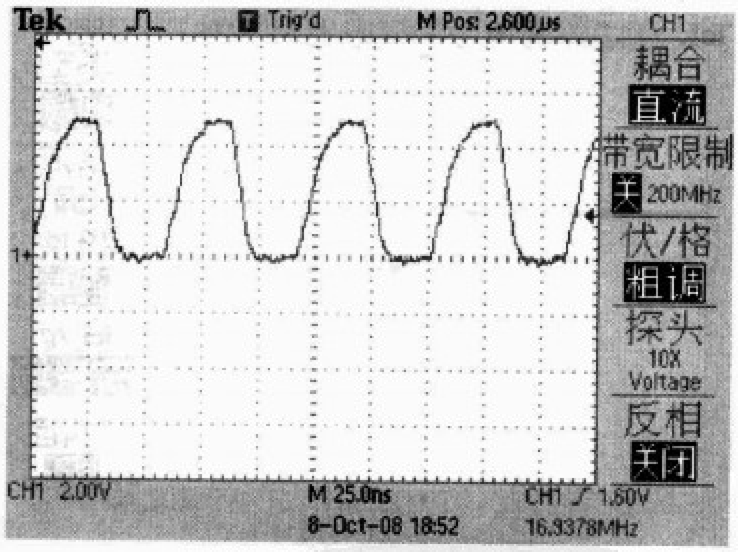


图 17 时钟 16.9344MHz 信号

D/A转换器用BCK像闸门一样“切出”DATA。因为DATA有可能高、低电平交错，有可能连续几个高电平，或连续几个低电平，也可能为其他类型，见图15。为了更清楚地观察DATA 和 BCK 时间的相对关系，把它们同时显示在一个窗口中，见图 16。

除了这3个数字信号以外，D/A转换器还需要16.9344MHz工作时钟，见图 17。

说明：由于以上几个信号频率比较高，加之电路本身可能存在微小的“频偏”，所以实测结果与理论值有误差。

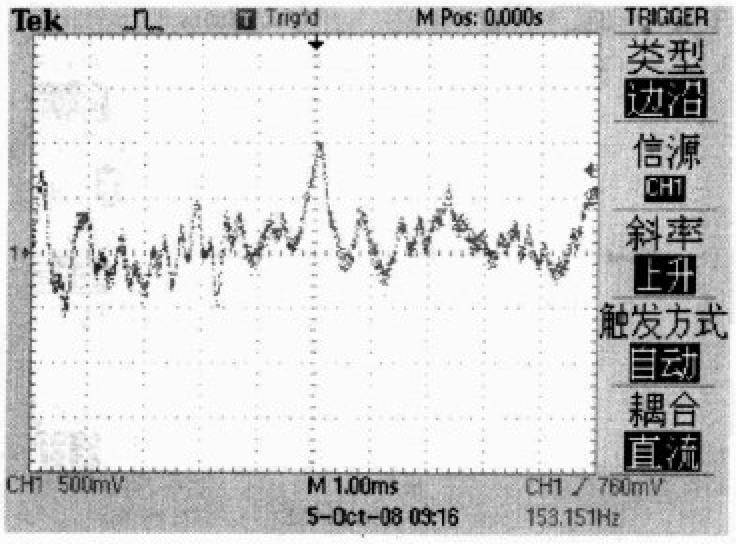


图 18 普通音频信号

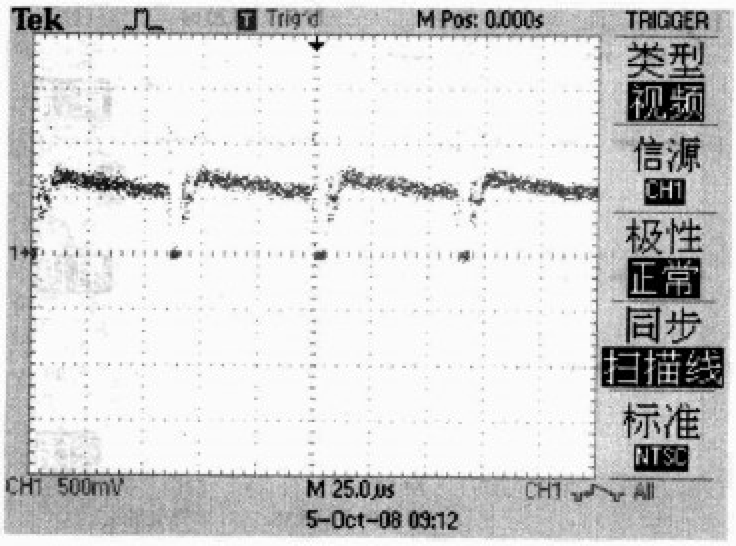


图 19 扫描线同步视频信号

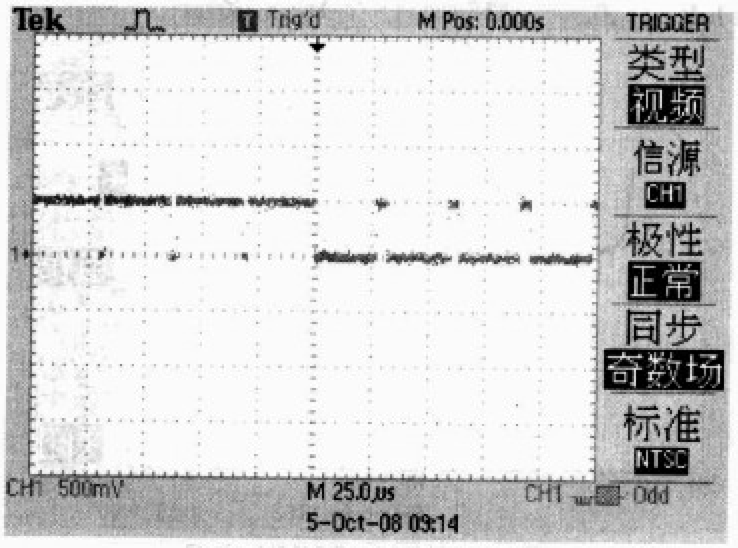


图 20 奇数场同步视频信号

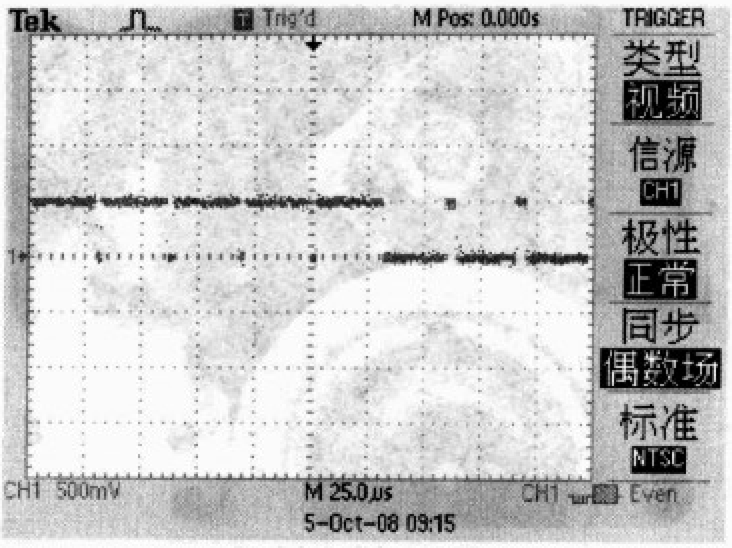


图 21 偶数场同步视频信号

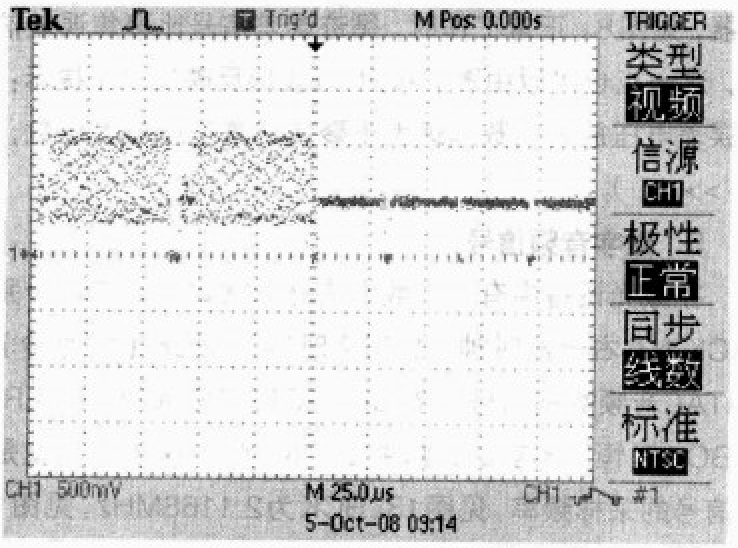


图 22 线数同步视频信号

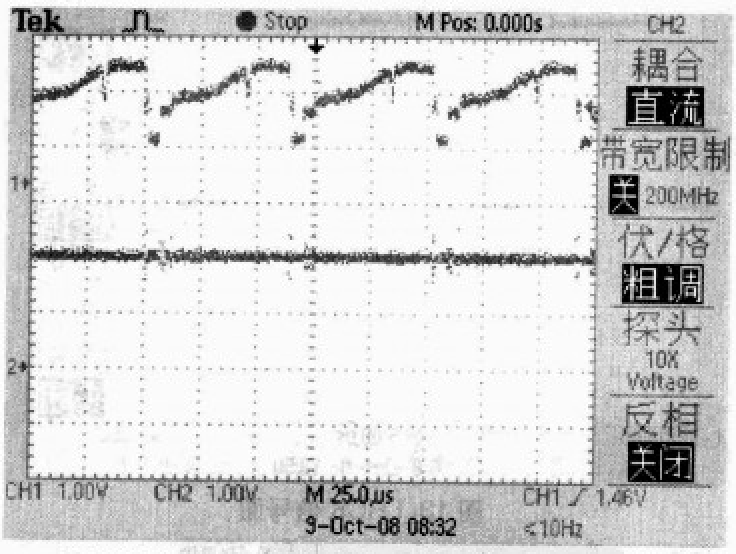


图 23 亮度信号 Y（CH1）和色度信号 C（CH2）

6．音频信号

在视听设备生产、维修工作中，音频信号是最常遇见的电信号。普通音频信号无规律性，振幅时大时小，见图 18。为测试需要而设计的单频音频信号则呈周期性，波形图在此从略。

7．视频信号

在视听设备生产、维修工作中，视频信号是仅次于音频信号的电信号。视频信号呈周期性，用“自动设置”步骤测量时，按“触发菜单”→选择“视频”，见图 19（此刻是扫描线“同步”）。连续按“同步”，依次转为“奇数场”→“偶数场”→“线数”同步，波形见图 20、图 21、图 22。

另外，现在许多 DVD 都有超级视频（S-VIDEO）输出，它们为亮度信号 Y 和色度信号 C，见图 23。超级视频（S-VIDEO）的水平解析比普通视频高，所以广为采用。

下一期我们将用数字存储示波器测量生活中常见的 MP3、MP4 和 MP5 播放机，看看它们的电路中各种信号的波形。

「数字万用表使用技巧」

如何用数字万用表判断三极管的管脚

○ 文／王龙军

数字式万用表由于使用方便，读数准确深受人们喜爱，在现代电工电子测量中获得广泛应用。但是由于人们对传统指针式万用表很熟悉，有的朋友在测量某些元件时，感到不如指针式万用表方便，如测三极管。实际上数字万用表在测量三极管时更加方便，以下介绍如何用数字万用表判断小型三极管器件的方法。本例中使用的万用表的型号为UT-51。

首先，我们要先了解三极管的结构，三极管的结构如图1所示。基区很薄且杂质浓度很低。发射区掺杂浓度很高，集电区面积很大。所以b-c结和b-e结都可以等效成一个面对面或者背对背的二极管（如图2），且b-c结将比b-e结的电阻小，这就是我们选择测量方法的依据。

在判断过程中我们首先要找到基极并判断三极管是PNP管还是NPN管，由图2可知PNP型管的基极是两个负极的共同点，NPN管的基极是两个正极的共同点，由这一点我们可以通过数字式万用表的二极管挡先测出基极。对于PNP管，当黑表笔（连表内电池的负极）在基极上，红表笔去测另两个极时，一般为相差不大的较小的读数，这时显示的是PN结压降（硅管0.5～0.7V，锗管0.2～0.3V）。如果表笔反过来接则是一个较大的读数。如图3所示，测量的NPN管3DG8的读数值接近于0.7V。对于NPN管来说则是红表笔（连表内电池正极）连在基极上，黑表笔去测另两个极。

在找到了基极并知道什么类型的管子后，就可以来判断发射极和集电极了。如果使用的是指针式万用表到了这一步就很麻烦，要用到两只手，甚至有的人连嘴都用上了。而利用数字式万用表就简单多了，直接通过h_{FE}挡（如图4、图5所示）去测量，当然你还可以省去上面的步骤直接用h_{FE}挡去测量三极管的管脚极性，实际上两种途径耗费的时间差不多，而加上上一步骤往往更加方便准确。

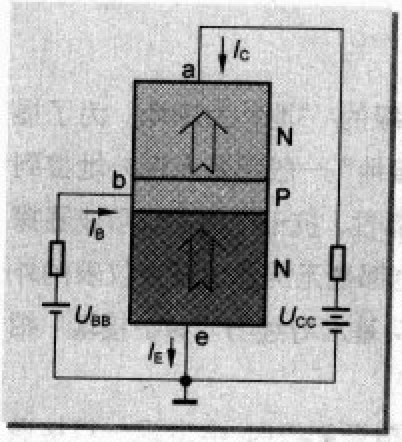


图1 三极管结构图

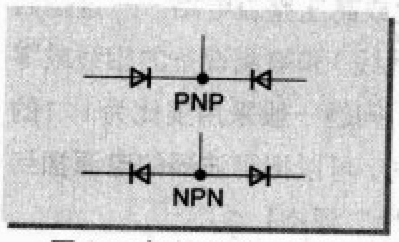


图2 三极管等效示意图

图3 PN结压降

图4 h_{FE}挡位置

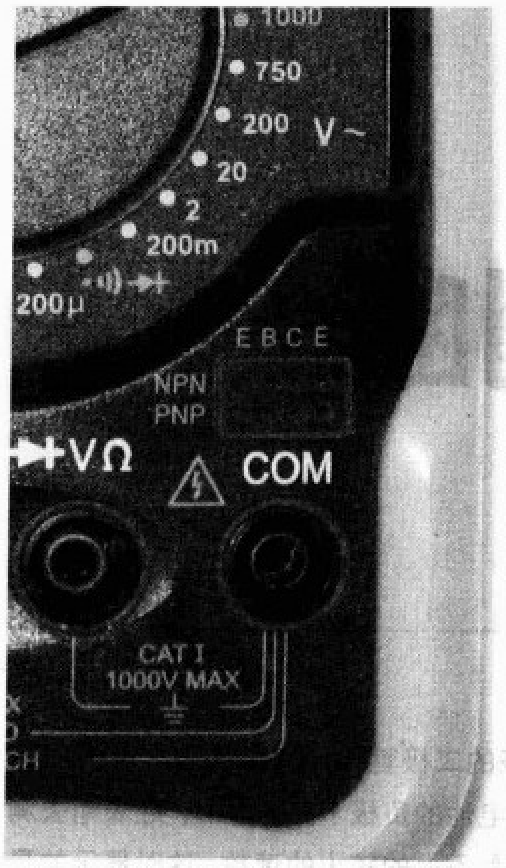


图5 h_{FE} 挡管脚插孔

图6 测量管脚一致时的显示

图7 测量管脚相反时的显示

将万用表打到 h_{FE} 挡，根据上面判断的管子类型及基极B，保证基极B对准表上 h_{FE} 挡B孔的情况下，将被测的管子插入对应极性的一排插孔，进行读数。然后保持基极B对准B孔不变，将它的另外两只脚相交换，再读数。读数较大的那次极性就对上孔上所标的字母。如图6和图7所示对3DG8进行测量，可以判断出第一次插入方式下管脚和孔位是对应的。实际上现在的三极管的管脚顺序都是不变的，如果省去上面判断基极及极性的步骤，只需要当作另外一种极性多测量两次数据，读数较大的一次就是实际管脚排列和 h_{FE} 插孔排列一致的一次。

到此测量就结束了，难道你不觉得比指针式的万用表测量方便很多吗？

示波器测量中的“热地”和“冷地”

○ 文／黄勇 葛中海

附图是一般家用电器和仪器仪表的电源原理简图。

电源由三孔插座引入，三个电极分别为相线（L）、零线（N）和保护接地。从图中可以看出开关变压器初、次级电气隔离，所以它们两边的“地”用不同的地线符号标示：热变压器初级的“地”为热地、次级的“地”为冷地。为了提高安全性能，示波器的“保护接地”一般都毫无例外地接到仪表的外壳上；而为了提高可靠性、抗干扰能力，示波器探头基准导线（俗称地线）一般也都毫无例外地接到仪表的外壳上，因此，实际上示波器探头基准导线与“保护接地”相连接。

仪器仪表的电源原理简图

当用示波器测量其他开关电源初级时，会发现一旦接通电源，就会烧被测设备的保险丝或高压整流电路——这是因为示波器探头基准导线（俗称地线）和被测设备的相线或零线组成回路所致。为了解决这个问题一般采用变比为1:1的隔离变压器，若无隔离变压器时，可以把示波器的电源插到两孔的插座，从而使“保护接地”浮空！

醉翁之意不在酒
——一种通过测量频率间接测量电阻的方法

○ 文／黄双根 吴燕

在电子制作中经常需要测量电阻器的电阻值，传统的测量方法采用万用表和色阻法，笔者用555定时器和待测电阻构成多谐振荡电路，利用单片机的定时器测量振荡电路的振荡周期，根据振荡周期的公式，由查表法得出电阻。测量范围1Ω～300kΩ，精度小于3.4%。

测阻原理

本电路比较简单，系统框图如图1所示。如果要使得本设计更加完美，可以在电路中增加LED显示电路和量程的选择电路，这样更直观实用。

一、单片机电路

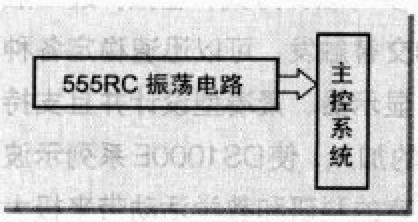


图1

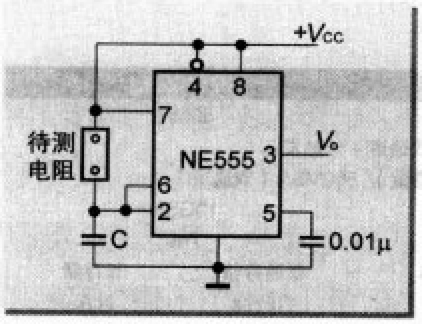


图2 多谐振荡器原理图

电路采用AT89S52单片机，该芯片采用DIP-40封装，有4个8位并行的双向I/O口，分别为P0、P1、P2、P3口。20引脚为接地端；40引脚为电源端；31引脚需要接高电位使单片机选用内部程序存储器（接低电位使单片机选用外部程序存储器）；18、19脚接上一个12MHz的晶振为单片机提供时钟信号，第9脚为复位引脚，单片机只有满足这些条件才能正常工作。利用P3口的P3.2引脚接到555时基电路构成的多谐振荡器，将555多谐振荡电路的频率信号f送到单片机，然后单片机的定时器测量振荡电路的振荡周期，再求电阻的值。转换的原理是根据RC振荡电路。频率f是单片机很容易处理的数字量，这种数字化处理一方面便于使仪表实现智能化，另一方面也避免了由指针读数引起的误差。

在设计中，合适地选择电容，可以控制电阻的测量范围。

二、基于555定时器的多谐振荡电路

1.NE555芯片简介

555集成电路是20世纪70年代初出现的，开始只是用作定时器，所以称为555定时器或555时基电路，简称555电路。但是后来发现它有很多优异的性能而且用途极广，表现在：一是定时的精度、工作速度和可靠性高；二是使用电源电压范围宽（2～18V），能和数字电路直接连接；三是有一定的输出功率，可直接驱动微电机、指示灯、扬声器等；四是结构简单，使用灵活，用途广泛，可组成各种波形的脉冲振荡器、定时延时电路、双稳触发电路、检测电路、电源变换电路、频率变换电路等，被广泛应用于自动控制、测量、通信等各个领域。图2为由555定时器和待测电阻构成的多谐振荡电路。接通电源瞬间，电容器C上的电压为0，引脚2和引脚6的电位均小于$V_{CC}/3$。由555定时器的原理可知，输出$V_O=1$，定时器内部放电管截止。此后电源V_{CC}通过待测电阻对C充电，引脚2和引脚6的电位逐渐升高，当升高到$2V_{CC}/3$时，输出端跳变为低电平，这时定时器内部放电管导通，C通过电阻和放电管放电，引脚2和引脚6的电位逐渐降低，当降到$V_{CC}/3$时，输出端又跳变为高电平，定时器内部放电管截止。周而复始形成振荡，在输出端得到图3所示的占空比为50%的矩形信号。

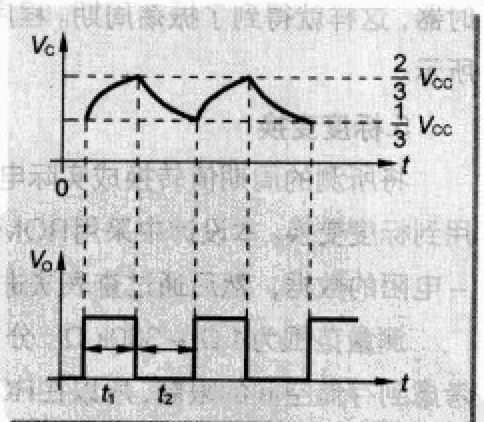


图3 多谐振荡器的工作波形

2.周期的计算

由图3中V_C的波形求得电容器C的充电时间t_1和放电时间t_2分别为：

充电时间 $t_1=0.7R_{待}C$ (1)

放电时间 $t_2=0.7R_{待}C$ (2)

所以，多谐振荡器的周期t为：$t=t_1+t_2=1.4R_{待}C$ (3)

由式(3) 求得： $R_{待} = t/1.4C$

式中 C 为常量，由于 $R_{待}$ 随待测电阻的变化而改变，因此只要求出振荡周期就可得到 $R_{待}$ 的电阻值，也就满足要求。

3.多谐振荡器电路参数的选择

当单片机的晶振为12MHz，定时器工作在模式1时，定时器最大的定时时间为：$t=2^{16}=65536\mu s$，而测量范围1Ω～300kΩ，为避免发生溢出，对电容 C 有一定的要求：$C<=t/1.4R_{待}\approx 0.156\mu F$。

因此本设计中选取电容C为0.1μF的电容器。

4.周期测量方案

将多谐振荡器的输出3引脚接到单片机的P3.2引脚，外部中断0定义为下降沿中断，当电容开始放电时多谐振荡器输出端产生一个下降沿，由此产生外部中断0，在中断服务程序中开启定时器T0开始计数。在下一个周期，电容器开始放电时再次产生中断，关闭定时器，这样就得到了振荡周期。程序流程图如图4所示。

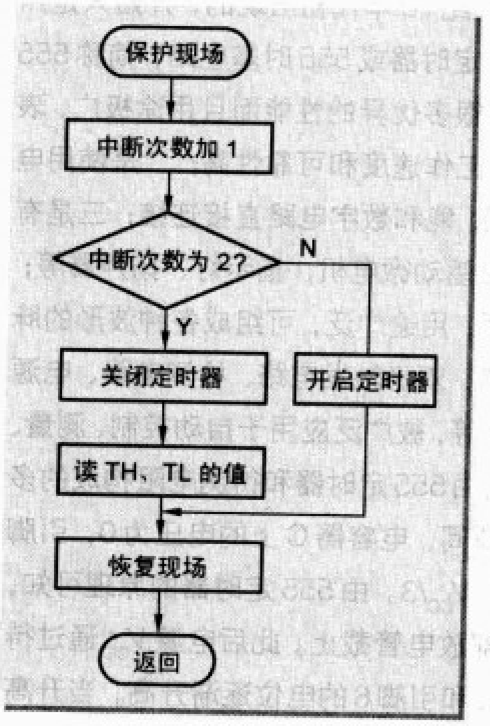


图4

5.标度变换

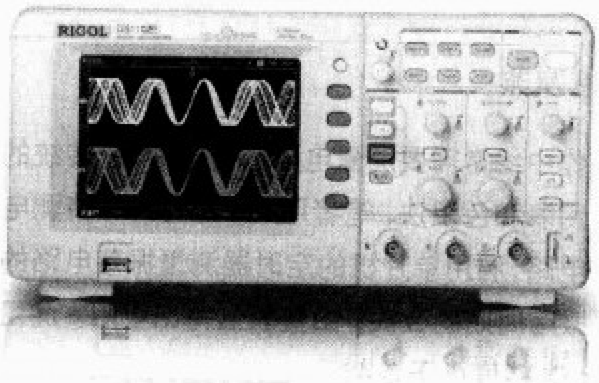
将所测的周期值转换成实际电阻值时，就要用到标度变换。本设计中采用ROM预先存储周期－电阻的数据，然后通过查表法进行标度变换。

测量范围为1Ω～300kΩ，分辨率为1%。但考虑到存储空间的限制，所以在ROM中只需存储3K个数据，实际分辨率为3.4%，测量小阻值的电阻误差比较大，所以本系统适合测量阻值偏大的电阻。

本文所介绍的电阻测量电路简单，有较高的性价比，可以广泛应用于各种控制系统中。如果选用固定电阻，可方便地改为电容测量电路，感兴趣的读者不妨一试。

DS1000E系列数字示波器简介

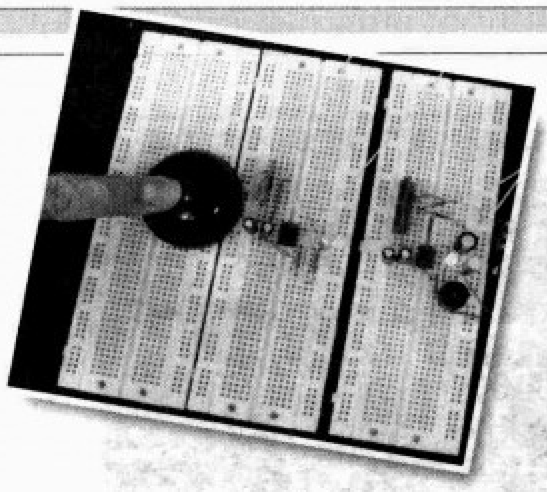
文/资料室



DS1000E系列数字示波器是北京普源精电科技有限公司（RIGOL）推出的面向教育和技术培训、电路功能测试的高性价比产品，它拥有强大的信号采集能力，存储深度高达1M采样点，可以在检测信号纵揽全局的同时，对信号细节进行观察。另外DS1000E系列数字示波器实时采样率提升至1GSps，大大增加了捕获异常信号的能力。DS1000E秉承了DS系列示波器众多的触发方式，包括：边沿触发、视频触发、脉宽触发、斜率触发和交替触发，可以迅速稳定各种复杂信号。采用5.6英寸TFT彩色液晶显示器、紧凑型设计并且支持PictBridge打印机直接打印。这些功能的加入，使DS1000E系列示波器在准确捕获信号波形的同时，为实验室的科研和教学活动带来极大的便利。

附表 主要性能参数

设备型号	DS1102E		DS1052E	
带宽	100MHz		50MHz	
通道数	双通道＋外触发			
实时采样率	1GS/s（单通道），500MS/s（双通道）			
等效采样率	25GS/s		10GS/s	
上升时间	3.5ns		7ns	
存储深度	通道模式	采样率	普通存储	长存储
	单通道	1GS/s	16kpts	N.A.
	单通道	500MS/s或更低	16kpts	1Mpts
	双通道	500MS/s或更低	8kpts	512kpts
时基范围	2ns/div～50s/div		5ns/div～50s/div	
触发模式	边沿、视频、脉宽、斜率、交替			
垂直分辨率	8bits			
垂直灵敏度	2mV/div～10V/div			
最大输入	All Input 1MΩ Il15pF 300Vrms Max CATI			
滚动范围	500 ms/div～50 s/div			
光标测量	手动、追踪、自动测量			
数学运算	＋，－，×，FFT			
内部存储	10组波形，10组设置			
U盘存储	位图存储，CSV存储，波形存储，设置存储			
接口	USB Device，USB Host，RS-232，P/F Out			
显示	5.6英寸64k色TFT液晶显示器			
电源	100～240VACRMS，45～440Hz，CAT II，50VA最大值			
外观尺寸和重量	宽×高×深=303mm×154mm×133mm，2.4kg			



单音信号无线发射／接收器

文／解永勃

将音频解码集成电路LM567分别与无线发射／接收模块相应组合，可以构成简易、稳定、有效的专用功能部件，方便地应用在多种自动控制场合中，如控制灯亮与灭、电动机转与停以及通过音响器件进行单向呼叫等（可以涉及到声、光、机电等），做好的实物见题图。

电路工作原理

电路原理图见图1，发射电路与接收电路具有相同且对称的结构。发射电路中LM567（发）用作振荡器，它的5脚输出频率极为稳定的方波信号，送入射频发射模块F05T的数据输入端3脚后，再由4脚(外接天线端)发射出去。

接收电路中射频接收模块J04T将1脚（外接天线端）接收到的信号送入LM567（收）数据输入端3脚进行解调，当选择出有与它的中心频率 f_0 相符的单音信号时，LM567（收）输出端8脚即由原来的“1”电平变为“0”电平。同时，VD2被点亮，HA发声，以光、声指示出工作状态，便于观察。

主要元件介绍

LM567专门用于解调某一频率的单音信号，它也可以作为振荡器使用，图1电路中正是同时用到了这两点。

作为音频解码器时，当输入频率等于其本身的中心频率 f_0 时（带宽约几十赫兹～几百赫兹），其输出端8由原来的“1”电平变为“0” 电平。

中心频率 f_0（也是作为振荡器时的振荡频率）由下式决定：$f_0=1.1/RC$

射频发射模块F05T适合短距离的无线遥控及数据传输，具有较宽的工作电压范围（3V～12V）及低功耗特性，低于300Hz或高于10kHz的频率信号发射效率会变得很差，直流电平及模拟信号不能发射。

F05T体积小，其功能引脚见图1，无天线能满足短距离使用(几十米不等)，但匹配良好的天线能增加几倍的距离。

射频接收模块J04T最佳工作电压为3V～3.5V，不适合用开关电源，可采用直流稳压电源或7805集成稳压电路通过3.7kΩ电阻降压再经220μF电容滤波取得3.3V直流电压后提供。电源性能好坏对于克服接收信号中的干扰与电路工作的稳定性是重要的。

图1中2只LM567外接的元件参数相同，因此它们各自的中心频率 f_0 也十分接近，约为2kHz左右。

F05T与J04T的工作频率要一致，本例中均为315MHz（当然也可以选择另一频率433MHz）。

元件选择与调试

各元件参数如图1中标示。图2、图3为F05T与J04T的实物图，它们应垂直安装在印制板的边部，并离开周围元件5mm以上，以免受分布参数影响。

调试过程很简单，加电后，只要发射电路工作正常，则只需稍微改变接收电路中RP的阻值，使VD2点亮即可，此时，说明发射／接收频率已达到一致。

上述电路很容易扩展成**一发多收**及**多发一收**的系统电路，从而实现对不同操作对象进行遥控，如火车车厢、宾馆、宿舍、病房、餐厅等都可使用。感兴趣就马上动手做一个吧！

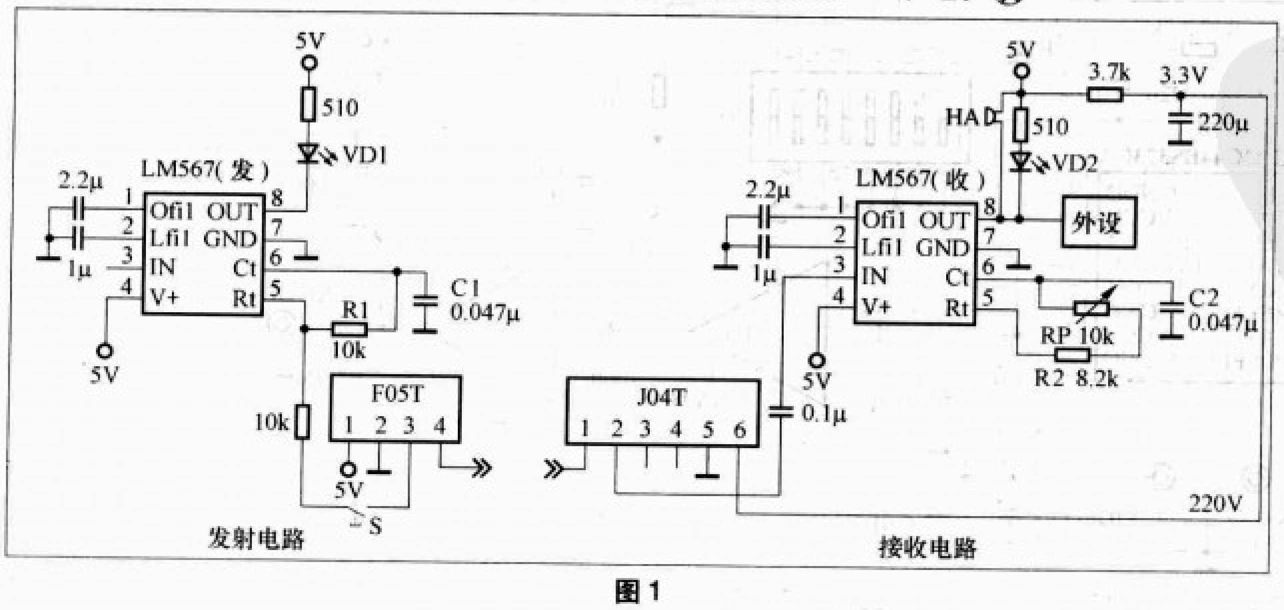


图1

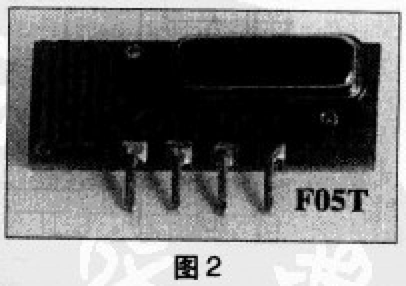


图2

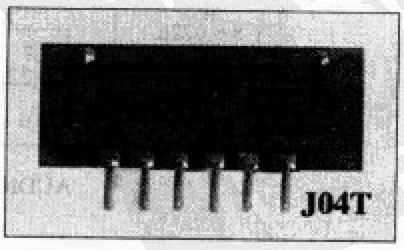
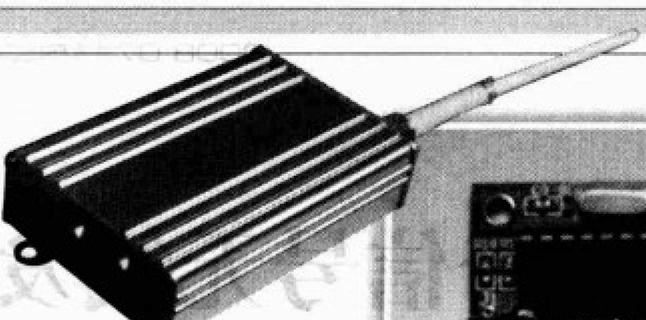
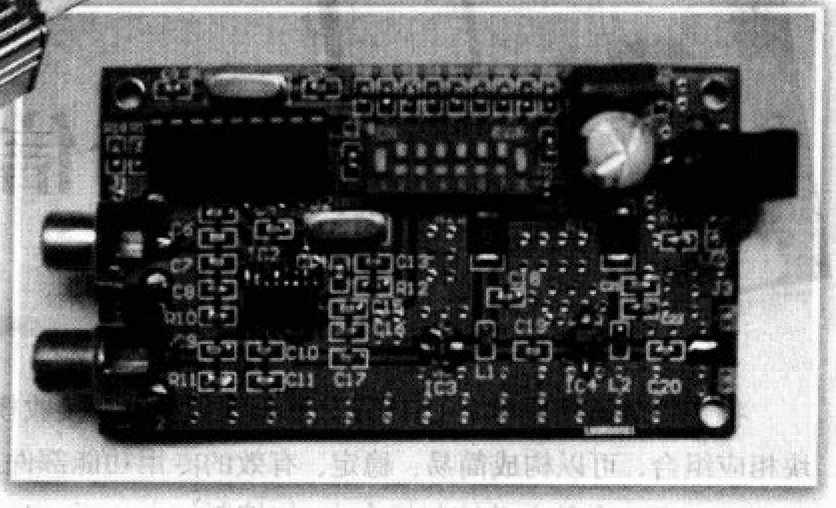


图3





单片机控制的无线影音发射器

文 / 刘作新

本文介绍的无线影音发射器通过单片机对音视频调制芯片的图像载波频率进行控制，它的图像载波频率可以在电视广播频段的13至57频道间任意选取，发射频率与图像载波频率相同。由于发射频率可以“任意选取”，为使用带来了方便；发射频率在电视广播频段内，可以用电视机直接接收，不用另配接收机，降低了成本；核心元器件均采用集成电路，工作稳定，一致性好，实现了免调试，便于爱好者仿制；所有元器件的总计价格不超过60元，比市场上销售的同类产品价格便宜不少，具有较高的性价比，更可以享受DIY带来的乐趣。本发射器应用范围包括：家庭音视频无线传输、无线视频监控、用做单位自办闭路电视节目的射频调制器、卖场演示、电脑播放的影音文件无线发射，利用电视接收观看等。

一、电路工作原理

发射器的电路如图1所示，电路主要由以下3部分组成：IC1构成的单片机控制电路、IC2构成的音视频调制电路和IC3与IC4构成的射频放大电路。

1.音视频调制电路

由MC44BS373CA与外围元件构成。MC44BS373CA是飞思卡尔公司出品的音视频调制集成电路，其主要特点是：高集成度，内部集成了音视频调制电路、压控振荡器与锁相环电路、I²C总线控制电路，外围只需接入少量的元件即可构成高质量的音视频调制器；图像载波由集成电路内部的锁相环（PLL）电路锁定，输出的信号频率稳定性高；图像载波频率的设定与伴音中频的选取均通过I²C总线通信实现控制；图像载波频率覆盖了整个UHF频段，VHF频段的载波信号由UHF频段的载波信号分频获得；支持PAL/NTSC/SECAM多种电视标准；自带音视频测试信

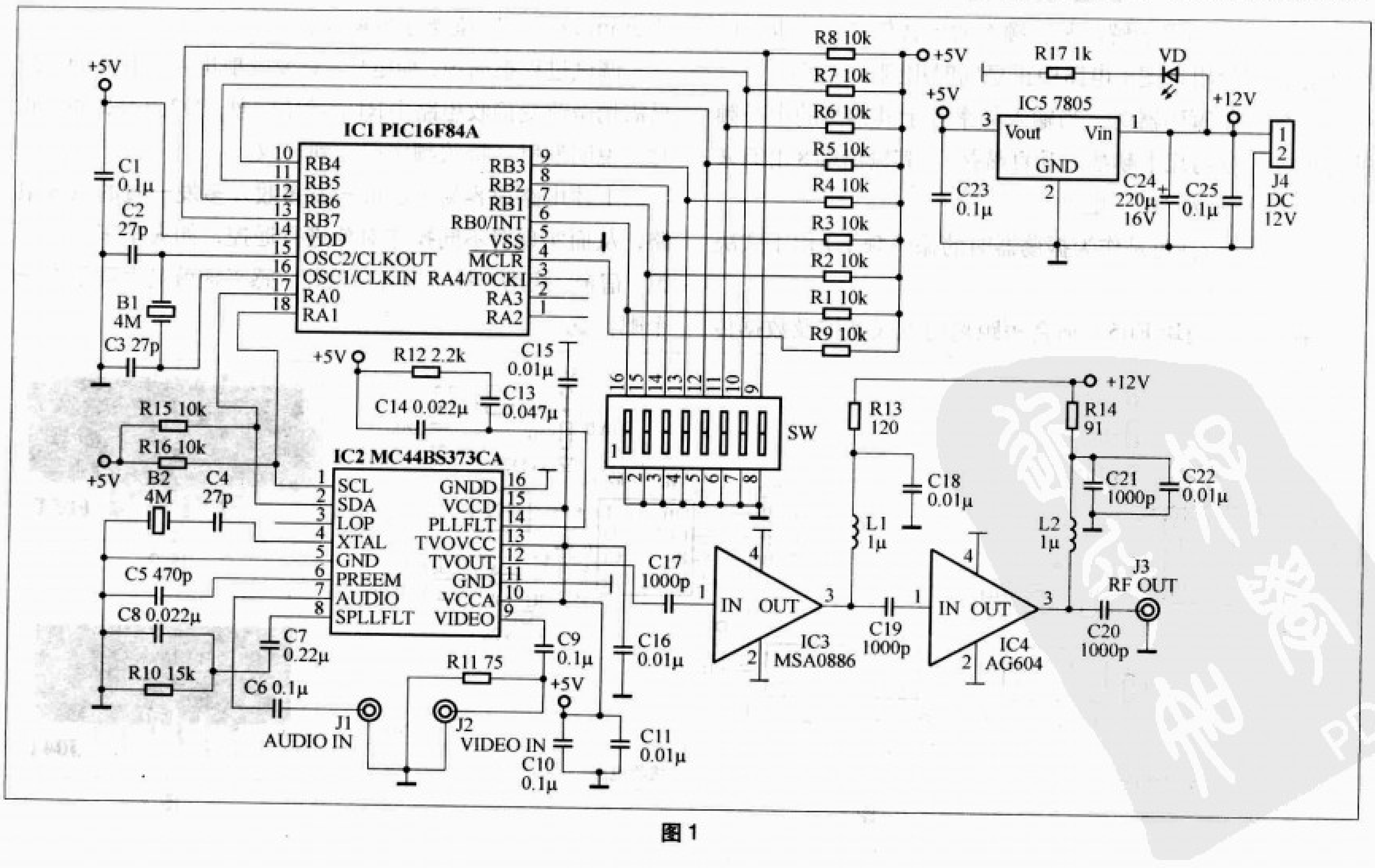


图1

号。更详细的电气性能请参阅其技术手册，下载地址为：www.freescale.com/files/app_specific_stand_prod/doc/data_sheet/MC44BS373CA.pdf。

音频信号由莲花插座J1输入，经C6耦合至IC2的第7脚，由IC2内部的音频调制电路进行调频，产生第二伴音中频信号。第二伴音中频信号再对图像载波进行调制，产生声音射频信号。视频信号由莲花插座J2输入，经C9耦合至IC2的第9脚，由IC2内部的白电平峰值切割电路处理后，送入视频调制电路，通过视频调制电路对图像载波进行调幅。已调图像载波与声音射频信号在加法器中进行信号合成，产生的电视射频信号由IC2的第12脚输出。图像载波由IC2内部的压控振荡器产生，由锁相环电路锁定振荡频率。

2.射频放大电路

由IC2第12脚输出的电视射频信号电平的典型值只有82dB μV，此信号只能用电缆输送给电视机，实现闭路播出，不足以通过天线实现开路发射。为此，加入了由IC3、IC4构成的射频放大电路。IC3、IC4均为单片微波放大集成电路，简称MMIC。与分立元件组成的射频放大电路相比，MMIC的优点是：增益高，频段内平坦度好，一致性好，外围电路简单，免调试，工作稳定可靠。以上优点为电路设计与使用带来了很大方便，尤其是在业余条件无仪器设备的情况下更体现出了MMIC的优势。

IC3的型号为MSA0886，是惠普公司出品的MMIC，详细的电气性能指标请参阅其技术手册，下载地址为：pdf1.alldatasheet.com/datasheet-pdf/view/64818/HP/MSA0886.html。IC3对IC2输出的电视射频信号进行第一次射频放大，MSA0886的典型增益为22.5dB，因此次级放大器的增益为22.5dB左右。IC4的型号为AG604，是WJ公司出品的MMIC，其技术手册下载地址为：www.wj.com/documents/Datasheets/AG604-89.pdf。IC4对IC3送来的射频信号进行射频功率放大，使电视射频信号具有足够的“能量”通过天线向空中辐射，从而实现开路发射。通过IC3、IC4的两级射频放大后，由F插座J3输出的电视射频信号电平值为115 dB μV～128dB μV。在图1中，R13、R14为降压电阻，C17、C19、C20为耦合电容，C18、C21、C22为高频滤波电容，L1、L2为高频扼流电感。由图1可以看出，IC3、IC4的外围电路很简洁，只需要输入、输出耦合电容，降压电阻，高频扼流电感，高频滤波电容即可组成射频放大电路。

3.单片机控制电路

单片机PIC16F84A的RA0端作为I^2C通信的数据线（SDA），RA1端作为I^2C通信的时钟线（SCL），通过程序控制RA0、RA1端的电平按照I^2C通信协议的时序规范去改变，达到用软件模拟实现I^2C通信（因为PIC16F84A没有I^2C通信模块）的目的。IC2的1脚（SCL）、2脚（SDA）挂接在I^2C总线上，单片机IC1通过I^2C总线发送控制指令控制IC2改变图像载波频率。IC1的RB0至RB7端设置为输入端口，外接8位拨码开关SW用来设置发射器的输出频率和测试信号的开关（1至7位设置频率，第8位设置测试信号的开关）。通过拨码开关设置RB0至RB7端口的高低电平组合，当IC1检测到高低电平组合后，将电平组合“转换”成对应的控制指令，通过I^2C总线控制IC2改变图像载波频率和开启与关闭测试信号。电阻R1至R8、R15、R16均为上拉电阻，R9与IC1的4脚配合构成开机复位电路。

二、软件设计

控制软件用汇编语言编写。控制软件通过I^2C总线对IC2内部寄存器编程，实现对IC2的各种控制功能。对IC2的控制有读和写两种模式，在本电路中只用到了写模式。在写模式中单片机IC1向IC2写入5个控制字节，5个控制字节分别是CA、C1、C0、FM、FL。各个控制字节的每一位的“含义”、取值方法请参阅MC44BS373CA的技术手册，这里只对关键点加以说明。CA是芯片地址字节，对于SO16NB封装的MC44BS373CA，因为没有地址选择引脚，所以在写模式只有一个地址值，为0xCA；在C0控制字节中，SREF位是用来设置声音锁相环基准频率的，在单声道伴音时应设置为0，此时的基准频率为31.25kHz。

三、制作与使用

为了减少分布参数对高频电路的影响，电路中的大部分元件都采用了无引线的贴片元件，同时也缩小了电路板的尺寸，印制电路板的实际尺寸为85mm × 50mm。印制电路板的设计采用了高频电路中常用的大面积接地原则，电路板的底层铜箔基本上都用来接地，见图2～图4。焊接完毕的印制电路板如题图所示，装入金属机壳的整机实物外观如图5所示，整机尺寸只有香烟盒大小，相当的小巧轻便。

1.元器件选取

电路中的电阻除R13、R14采用2512封装的贴片电阻

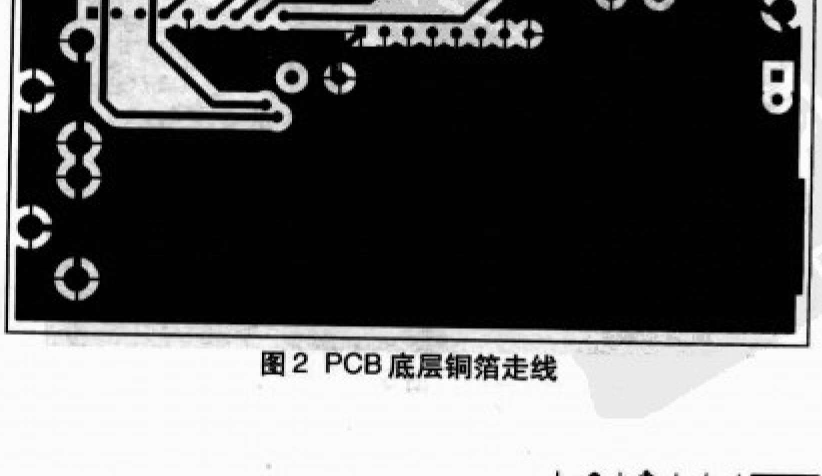


图2 PCB底层铜箔走线

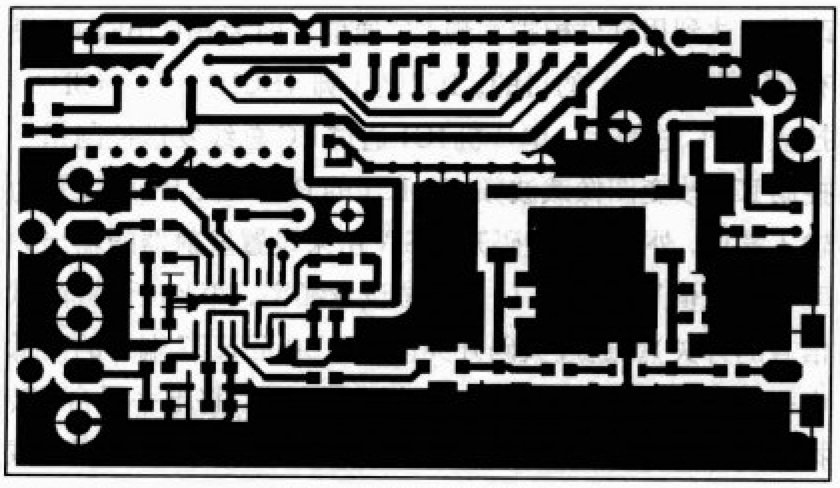


图3 PCB顶层铜箔走线

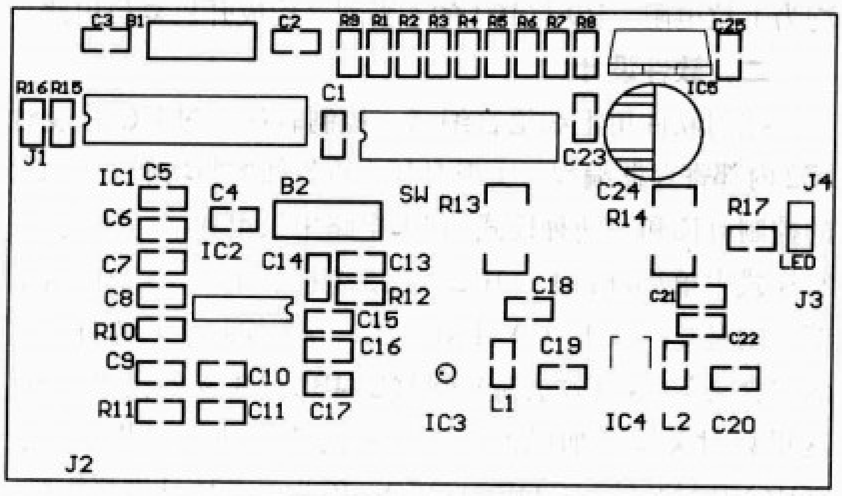


图4 PCB顶层丝印层

外，其余电阻均为0805封装的贴片电阻。电容C24为普通电解电容，其余电容均为0805封装的贴片电容。电感L1、L2也为0805封装的贴片电感。SW为8位拨码开关；J1、J2为莲花插座；J3为F插座，安装在机壳上。三端稳压器7805采用TO−220封装的。

发射天线采用"四分之一波长天线"。天线的制作方法为：取一段75−5的同轴电缆，电缆的长度是发射频率波长的二分之一，波长（m）＝300/频率（MHz），例如53频道的频率为831.25MHz，则其波长为300/831.25≈0.37m，电缆的长度为0.37m/2＝0.185m；从电缆的一端量出四分之一波长的位置（0.37m/4≈93mm），在量出的四分之一波长位置将电缆外皮及屏蔽网环切，环切后拨掉外皮及屏蔽网，露出内部芯线；在同轴电缆的另一头安装上F头，四分之一波长天线就制作好了。

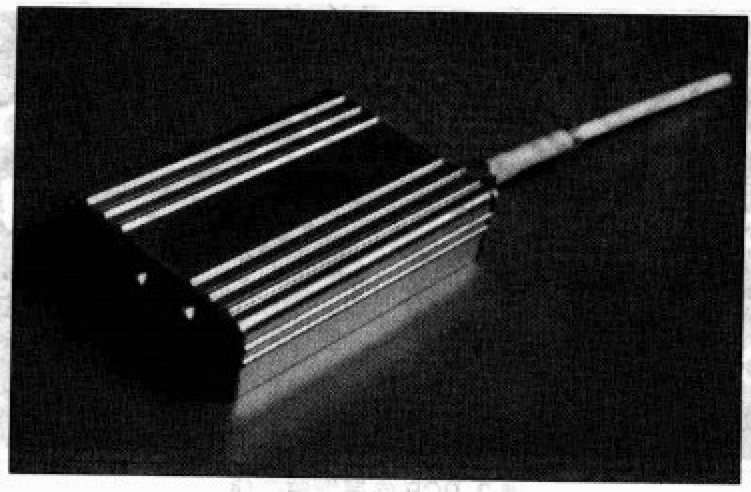


图5

2.组装调试步骤

第一步：先焊接电路板上的所有贴片电阻、电容、电感。

第二步：焊接IC1用的18脚IC插座，焊接有引线的元件（如晶振B1、B2，电容C24，拨码开关、插座等）。

第三步：焊接IC2，在焊接时要注意防静电，可拔下电烙铁的电源插头，利用余热焊接。

第四步：在MPLAB IDE集成开发环境中打开源程序，编译后烧写入IC1，将IC1插入IC插座。

第五步：对音视频调制电路进行测试。取一根75Ω电缆线，一端连接在C17与IC3的1脚相连接的焊盘处，另一端连接至电视机的射频输入（天线）端口。将SW的第八位置于OFF，此时测试信号打开；SW的1至7位请参照频道设置表，根据需要进行设置。为发射器接入12V电源，打开电视机，将电视机置于电视节目自动搜索状态，通过搜索电视机应能接收到发射器产生的两白三黑的垂直条测试图案和1kHz音频信号。此时证明音视频调制电路已工作正常。

第六步：取下第五步中使用的75Ω电缆线，将IC3与IC4焊入电路。在C20与F插座的连接处焊入一根长约20cm左右的软导线作为临时的发射天线。接通发射器的电源，用万用表直流电压挡测试IC3的第3脚电压应在7.8V左右，IC4的第3脚电压应在 5.12V左右，此时表明IC3与 IC4工作状态正常，如果电压值不对，在外围元件正常的情况下，可直接更换IC3或IC4。

第七步：将SW的第8位置于ON，此时测试信号关闭。接通发射器的电源，将影碟机的音视频信号送入发射器，电视机接入拉杆天线，电视机与发射器的距离应大于3m（避免电视机接收到的射频信号过强，造成AGC电路失控，出现图像不同步的现象），适当调整电视机的拉杆天线，此时电视机应当可以接收到稳定清晰的电视画面。

第八步：焊下临时发射天线，将F插座J3用引线焊入电路，将发射器的电路板装入金属机壳，接入"四分之一波长天线"。至此，一个小巧实用的无线影音发射器就制作完毕了。

无线影音发射器的源程序文件、PCB文件、频道设置表均在本期配刊光盘中，读者可以进行仿制和实验。在设置拨码开关时要断开电源，设置后重新接通电源新的设置才能生效。12V的外接电源要能提供300mA以上的电流供应，以保证发射器电路的稳定工作。在接通电源前一定要接好发射天线，否则有可能致使IC4损坏。无线影音发射器的发射距离受周围环境的影响，在开阔地的发射距离为40m左右。

多用途锁相环频率合成器模块

文/魏 坤

锁相环电路的主要作用是用来产生频率稳定的信号，在现代的数字调谐无线电设备中大量使用，无线电爱好者在制作无线话筒、数调收音机时如果能用上锁相环电路，它们的性能将会有很大的提升，而且频率的控制也将更加精准方便，还可以连接LCD等显示器件，提供很直观的人机交流界面，将电路做得更加智能化与人性化。

本文介绍的用锁相环电路MB1504制作的频率合成器模块可用在数字调谐收音机的本振电路、无线话筒的振荡电路以及无线电发射机的振荡电路等场合。

并行与串行锁相环芯片比较

锁相环芯片因频率控制数据写入的方式不同分为串行锁相环芯片与并行锁相环芯片，无线电爱好者常用的锁相环芯片以摩托罗拉公司的并行锁相环芯片MC145151、MC145152及MC145163居多，但是由于技术的更新及产品的换代，这些芯片早已停产，故价格很高，在电子市场现在要二十多元一片，而且此类锁相环芯片还需要前置分频器才能工作，使得使用该类锁相环芯片的成本更高。一般用拨码开关对此类锁相环芯片进行控制，这对不懂单片机的爱好者来说可能更简单些，但使用拨码开关控制很不方便，需要将计算好的分频值换算成二进制数，然后将拨码开关按换算好的二进制数置0或置1，才能完成对频率的设置，使用起来很麻烦。如果用单片机控制又很浪费单片机的资源，如MC145152与单片机连接要占用单片机的16个I/O口，再接上一个1602液晶显示器显示频率，又得占用11个I/O口，那么单片机只剩下5个I/O口，还得再接几个开关用来控制，几乎就将单片机的I/O口用光了，使单片机很难再干别的工作，导致单片机的利用率大大降低。

本文将介绍使用富士通公司生产的串行锁相环芯片MB1504和AT89S52单片机制作的锁相环频率合成器。该芯片内集成有前置双模分频器，省去外接分频器，而且与单片机连接只用三根线：Clock（时钟），Data（数据），LE（使能）。在淘宝网上的价格是8元一片，在制作锁相环频率合成器时使用非常划算。做好后的频率范围f_{vco}为80～110MHz，频率步进为100kHz。VCO振荡频率用LCD显示。由中断直接进入的两个预设频率分别为95.0MHz和103.0MHz，用于锁相环的调试，也可用于预存频率快速切入，可通过修改中断服务子程序来简单修改。参考振荡器的振荡频率f_{vco}=12.80MHz，参考频率f_r=25kHz，所以参考分频比R为：f_{vco}/f_r=512，这里采用的前置分频比为32/33，即P=32，并由此可得：当f_{vco}=80MHz时N=100，A=0。

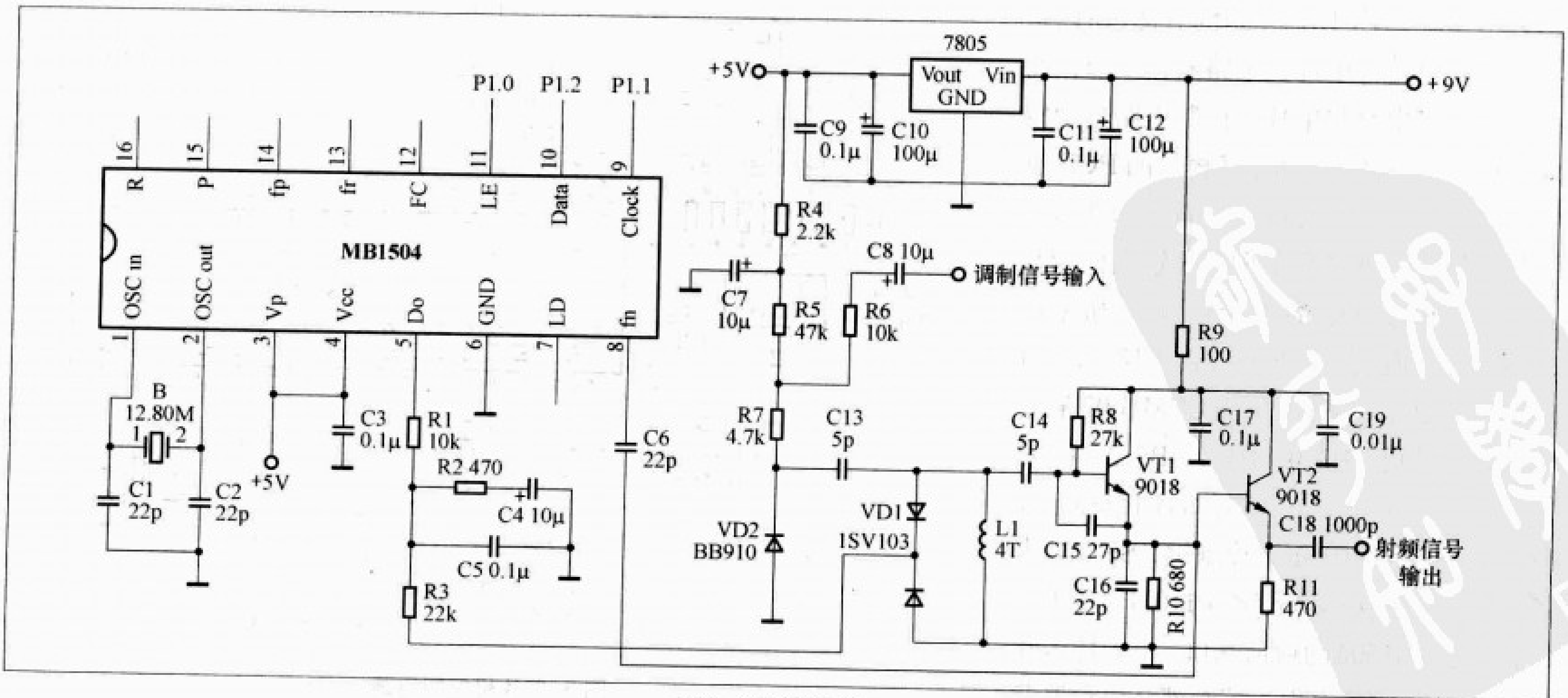


图1 锁相环电路

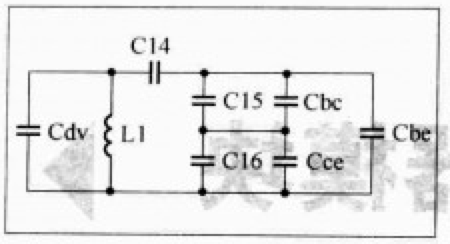


图2 克拉拨振荡电路等效图

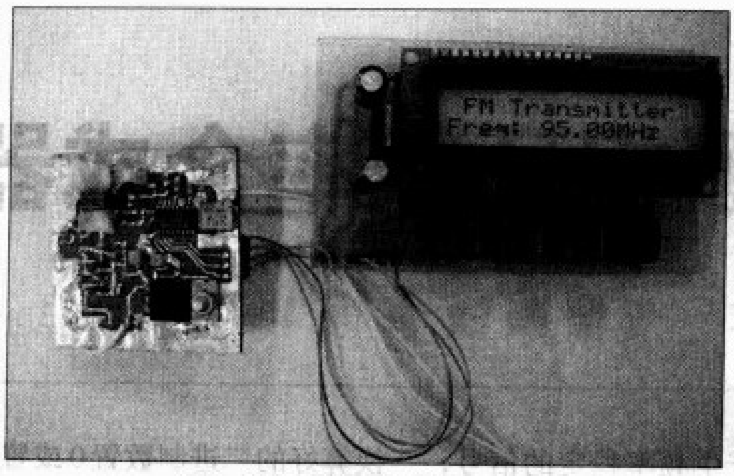


图3 单片机模块与锁相环模块

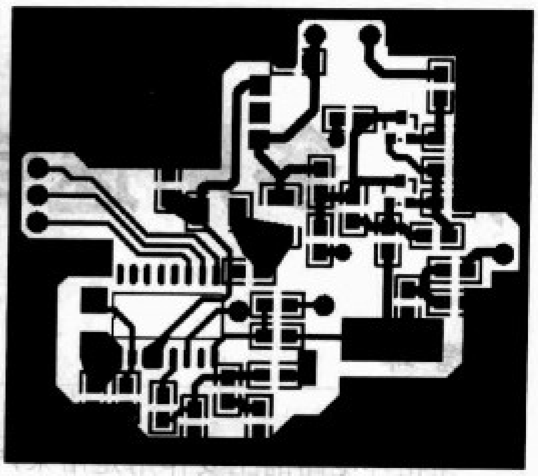


图4 锁相环模块 PCB

当 f_{vco}=110MHz 时 N=137，A=16。这样，改变 N 和 A，就可以改变压控振荡器的频率输出值。

实战 MB1504

本实验的锁相环电路见图1，MB1504采用PDF资料中给出的标准应用，VCO电路采用了克拉拨振荡电路加一级射随器构成的振荡器，VT1及外围元件L1、C14、C15、C16、C17、VD1、R8、R10构成克拉拨振荡电路，克拉拨振荡电路振荡频率比较稳定，它是考毕兹振荡电路的改进型电路，由于C14的存在且其容量远小于C15和C16，使得三极管的结电容 C_{be}、C_{bc}、C_{ce} 的变化对振荡频率的影响变得很小，所以克拉拨振荡电路的频率稳定性比较好，其等效电路见图2，振荡频率由以下公式决定：

$$f_{vco}=1/\{2\pi\sqrt{L1[Cdv+1/(1/C14+1/C15+1/C16)]}\}$$

VT2构成的射极跟随器主要起降低输出阻抗并减小后级电路对振荡电路的影响。振荡电路中还加上了由VD2、C13、R7等构成的调制电路，如果将该电路用于调频发射器的振荡器或无线话筒电路时，可将音频信号从“调制信号输入”端口输入对振荡频率进行调频调制，如将该电路作为信号源或调频收音机中的本机振荡器，则将该电路去掉即可。为了以后使用的方便，所以未将锁相环电路与单片机电路做在一起，而是将锁相环电路与单片机控制电路分别做成了模块，见图3。锁相环模块的PCB见图4，实际尺寸为4.5cm × 5cm。实物图3是将锁相环模块与单片机模块连接在一起。

单片机控制电路见图5，单片机采用AT89S52，电路为最小化应用电路。P0口和P3.4、P3.5、P3.6作为LCM1602液晶显示器驱动用。P3.0、P3.1、P3.2、P3.3四个口分别接S1、S2、S3、S4四个轻触按键，S1、S2为频率步进控制键，S3、S4为两个预置频率快速切入键。P1.0、P1.1、P1.2作为与MB1504的通信端口，用于传送频率控制数据，P2.0用于控制液晶显示器背光的开关，开启背光须多耗电约50mA。单片机采用12MHz晶振。单片机控制电路的PCB见图5，实际尺寸为6cm × 10cm。

程序的编写

对程序的编写，限于篇幅，就比较重点的三个子程序进行详细的叙述与分析，整个实验的完整程序见附件的源程序。

1.加4子程序

在本实验中，N计数器与A计数器中的最大值都小于255，所以将21H和22H两个字节的内存分别用于存放N计数器的值与A计数器的值，命名为CON和COA。因为要求锁相环频率合成器的步进频率为100kHz，而在这个输出频率范围内只有将参考频率设为25kHz才能连续步进(如果将参考频率设为50kHz或100kHz，通过计算得出在

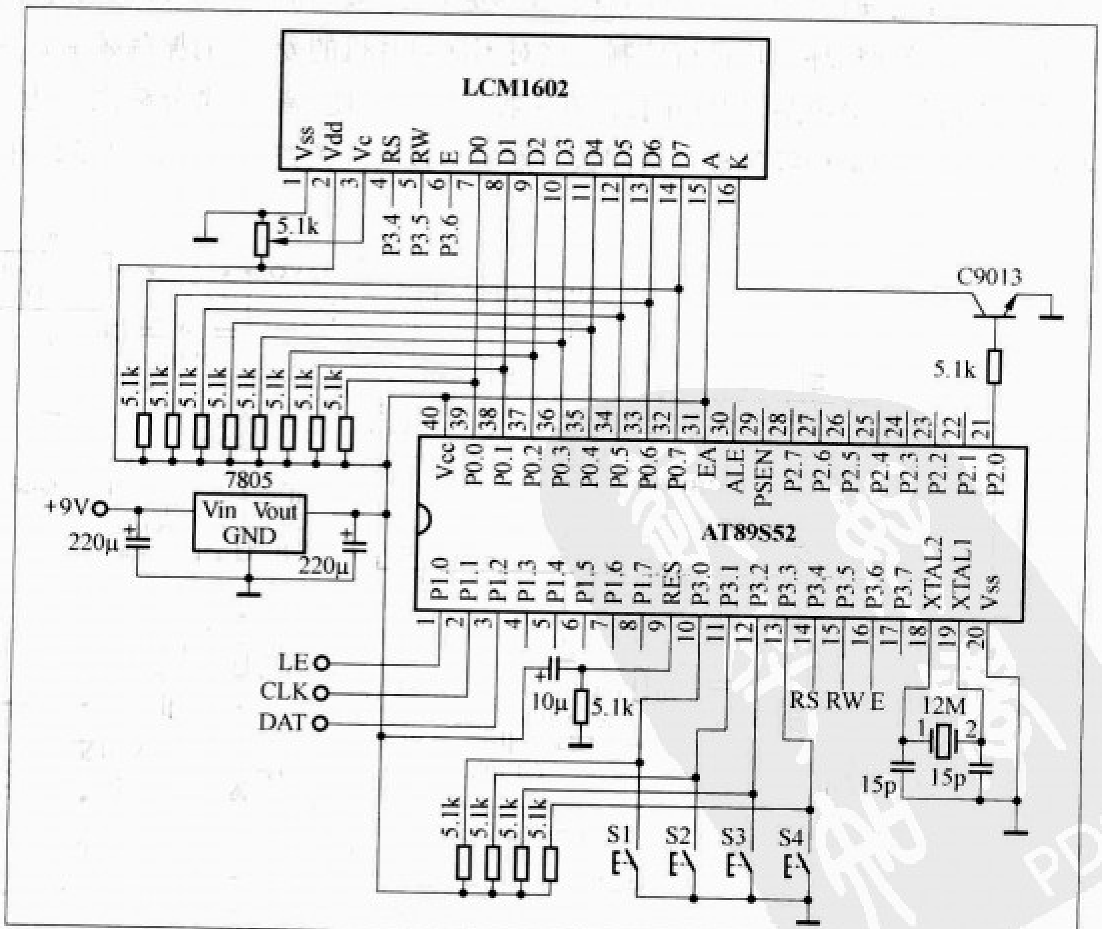


图5 单片机控制电路

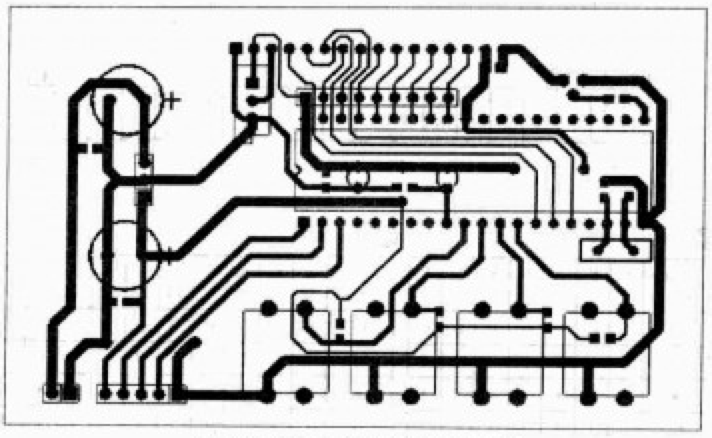


图6 单片机控制电路PCB

某一段频率范围内$N<32$，则在某些频率上会出现$N<A$的情况，故电路不能正常工作，所以将参考频率设定为25kHz)，所以每步进一次要对A加4，即将COA中的值加4，但又由于前置双模分频器的分频比$P=32$，COA中的值要逢32给CON中的值加1，而将COA中的值清零，如果COA中的值大于31，锁相环将出现错误。故给COA直接加4很难处理进位问题，所以把加4的操作分为4个加1的操作，在每次加1前判断COA中的值是否为31，若不为31则加1，若为31则给CON加1，而将COA清零。

2.减4子程序

相应的把减4的操作也分为4个减1的操作，在每次减1前判断COA中的值是否为0，若不为0则减1，若为0则给CON减1，而给COA赋值31。

3.送数子程序

由于N计数器的值在最高频率（110MHz）时为137，未超过255，所以N计数器的11位数据中的高3位始终为0，将其作为一个常数放在发送数据的循环中，以简化程序的设计，每次送数据时只须装入低8位即可，即CON中的数据。COA中的数据最大为31，所以COA中的最高位始终为0，而发送可编程分频器的数据时C=0，C位与S1～S7共为8位，所以在送数之前将COA中的数进行一次左移，则刚好将COA的最高位0移到最低位，将S1～S7统一移高一位，正好符合7位A计数器数据与C控制位的送数顺序要求。

该送数子程序稍加修改还可以用于别的用串行方式控制的芯片，其实在编写过一定单片机程序后，编写新的程序大多都是将以前编的程序“拆东墙补西墙”，“东拼西凑”得来的。所以在单片机的学习中注意收集有用的子程序对以后编写程序是非常有用的。

元件选择及电路的调试

该模块所选的电子元件以贴片元件为主，因为用贴片元件不仅可以减少印制板的面积，而且还省却打孔的麻烦，还有一点就是贴片元件的引脚都很短，所以在高频电路中应用可以将分布参数控制得很好。在业余条件下制作电路

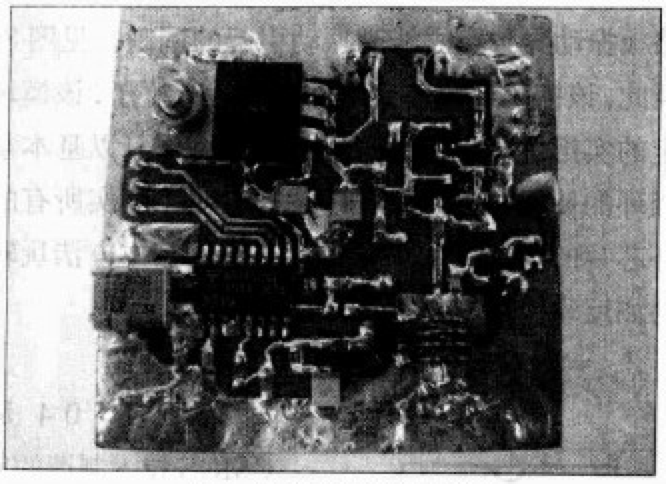


图7 经镀锡处理的PCB

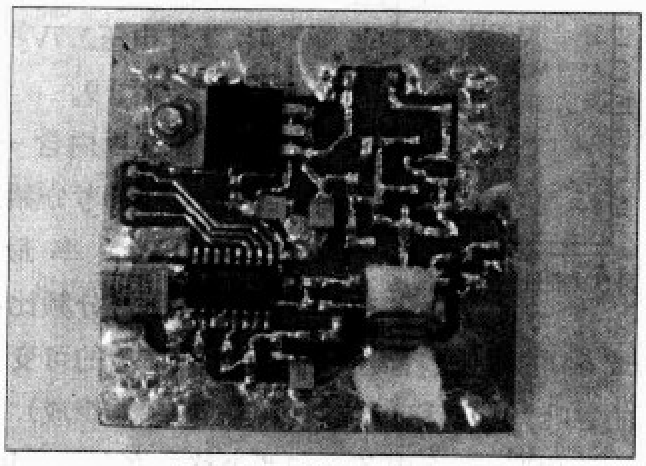


图8 用石蜡封住线圈

板为了防止电路板氧化所以采用镀锡处理，如图7所示，这样虽然影响美观，但不仅能防止电路板氧化而且增加了导电性，有助于提高电路的可靠性。

电阻以及瓷片电容用0805封装的贴片电阻电容，电解电容用1210封装的钽电解电容，MB1504也用贴片封装，压控振荡器用的两个三极管VT1、VT2用贴片封装的C9018，如实物图所示。贴片电路焊接时需要细心一点，焊接时先将电路板处理干净，给一个焊盘镀上锡，将贴片元件先按住，然后将焊盘镀锡一边焊住，然后再焊另一边。对于贴片集成电路的焊接，因为引脚比较多而且比较密，所以焊接时容易因焊锡较多而造成短路，这时只要用浸上松香的铜编织网将多余的焊锡吸掉就行，和用编织网拆集成电路时的操作一样，只是要注意别把锡吸光，吸完多余的焊锡后用烙铁将各引脚加热使焊点光滑即可，操作并不难，但要细心，多练习几次很容易掌握。

因为单片机控制电路几乎不需调试，下面只对锁相环电路的调试进行简要介绍。

锁相环模块电路装好后只需对压控振荡器在中心频率时的控制电压调整到锁相环输出控制电压的一半，该电路中，锁相环输出控制电压最高为4.8V，振荡器的中心控制频率为95MHz，所以将锁定频率调整到95MHz，然后用万用表测量控制电压，拨动空心线圈L1，使控制电压为2.4V左右。然后给空心线圈中塞入海绵，用高频石蜡封好，避免

因电路板振动导致空心线圈振动引起的调制，见图8。

至此，该锁相环频率合成器模块就做好了，该模块不仅有一定的实用性，而且通过该模块的制作可以基本掌握串行锁相环的使用方法以及程序编写方法，其实所有的串行锁相环芯片的应用大同小异，只要掌握基本方法玩转其他芯片易如反掌。

附背景知识：MB1504芯片介绍

MB1504是使用CMOS技术制造的单芯片串行数据输入频率合成芯片，工作电压2.7V～5.5V，引脚图见图9。

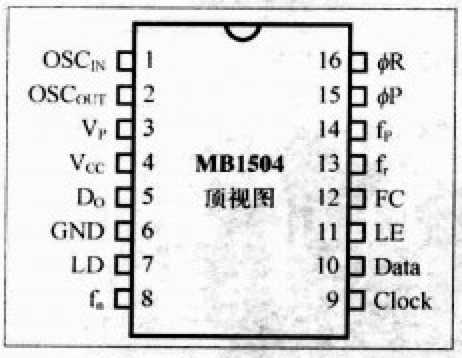
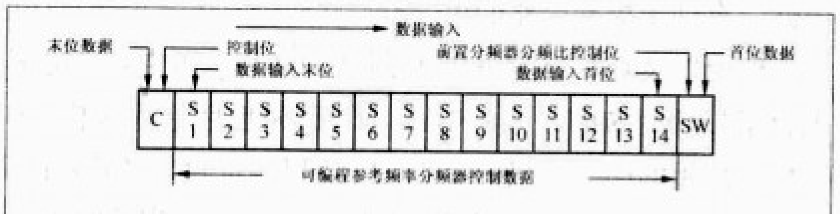


图9 MB1504引脚图

该芯片内含一个14位可编程参考分频器、一个输入频率最高为520MHz且分频比可选择（P=32或64)的双模前置分频器和一个18位的可变分频器(由7位的吞吐计数器和11位的可编程计数器组成)，另外还包含一个鉴相器、一个电荷泵和两个移位寄存器和锁存器。控制数据由两组串行数据构成，分别为16位的参考频率分频器控制数据（见图10）和19位的可编程分频器控制数据(见图11)。



◎14位可编程参考频率分频器分频比一览表

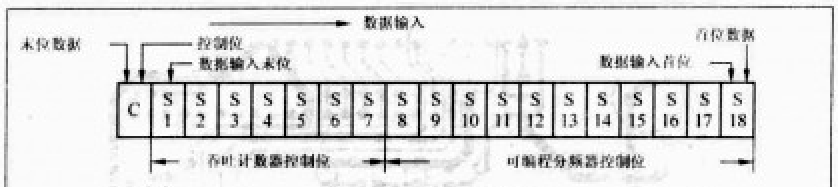
Divide ratio R	S14	S13	S12	S11	S10	S9	S8	S7	S6	S5	S4	S3	S2	S1
8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0
9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1
•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•
16383	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1

分频比不能小于8，否则将出现错误
参考频率分频器分频比为8至16383

图10 参考分频器数据图

图10中，SW为前置双模分频器的分频比控制位。当SW=1，分频比为32/33。当SW=0，分频比为64/65。S1～S14为参考频率分频器的分频比（R）的二进制值，该值的范围为8～16383（R小于8分频器将出现错误），S1对应14位数据的最低位，S14对应14位数据的最高位。C位为串行数据控制位，当输入参考频率分频器控制数据时，C=1。数据输入时由SW位开始输入，结束于C位。

图11中，S1～S7为A计数器的数据位，该值的范围为0～63，S1对应A计数器数据的最低位，S7对应A计数器数据的最高位，S8～S18为N计数器的数据位，该值的范围为16～2047（N值小于16分频器将出现错误）S8对应N计数器数据的最低位，S18对应N计数器数据的最高位。在进行分频比的设定值中，A计数器的只能小于N计数器的值，否则电路不能正常工作，C位为串行数据控制位，当输入可编程分频器控制数据时，C=0。数据由S18位开始输入，结束于C位。



◎7位吞吐计数器分频比一览表

Divide ratio A	S7	S6	S5	S4	S3	S2	S1
0	0	0	0	0	0	0	0
1	0	0	0	0	0	0	1
•	•	•	•	•	•	•	•
63	0	1	1	1	1	1	1

吞吐计数器分频比0至63

◎11位可编程分频器分频比一览表

Divide ratio N	S18	S17	S16	S15	S14	S13	S12	S11	S10	S9	S8
16	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0
17	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1
•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•
2047	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1

分频比不能小于16，否则将出现错误
参考频率分频器分频比为16至2047

图11 可编程分频器数据图

锁相环的输出频率f_{vco}的计算公式为：

$$f_{vco}=(PN+A)\ f_{osc}/R\ (N>A)$$

式中，f_{osc}为外接晶体振荡器输入参考频率；P为前置分频器的分频比。

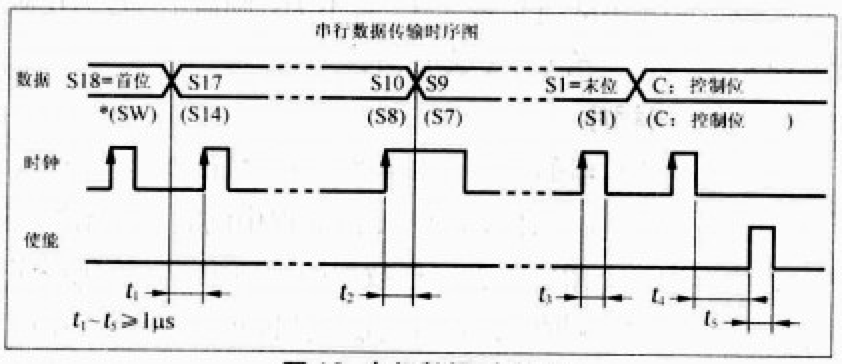


图12 串行数据时序图

图12为MB1504的串行数据输入时序图，其中，Clock为时钟信号输入端，Data为数据信号输入端。LE为数据锁存使能信号输入端。信号是串行输入的，即每输入一个时钟脉冲到Clock脚，就有一位数据从Data脚送入MB1504芯片内的移位寄存器，并由LE信号控制锁存。当LE为高电平时，储存在移位寄存器内的数据被锁存到相应的锁存器中。

图13为所控制压控振荡器的特性图，当压控振荡器的特性如图中斜线①所示，即振荡频率随控制电压升高而升高，则FC（引脚12）应置高电平或悬空。当压控振荡器的特性如图中虚斜线②所示，即振荡频率随控制电压升高而降低，则FC应置低电平或接地。

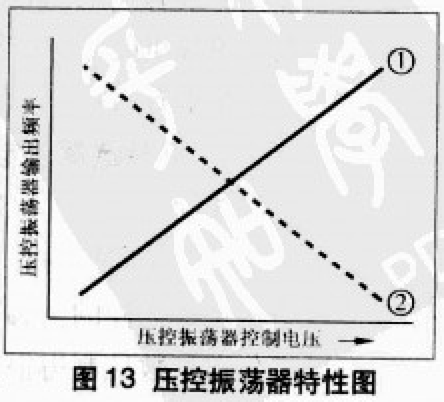


图13 压控振荡器特性图

轻松编程

实现无线遥控

文/陈 庚

无线收发组件中，315MHz收发组件是常用的一种，如在机动车防盗应用方面使用315MHz组件的就很多，一般电子商店出售的这种模块，发送和接收都是三个接线端子，一个数据端，另外两个则是电源端，且相对较便宜，作者所买的一对才13元，若要自制则相对要困难些，因为类似遥控电路这种高频电路其调试是很专业的，需要专用的设备和仪器，大家可参考这方面的资料。

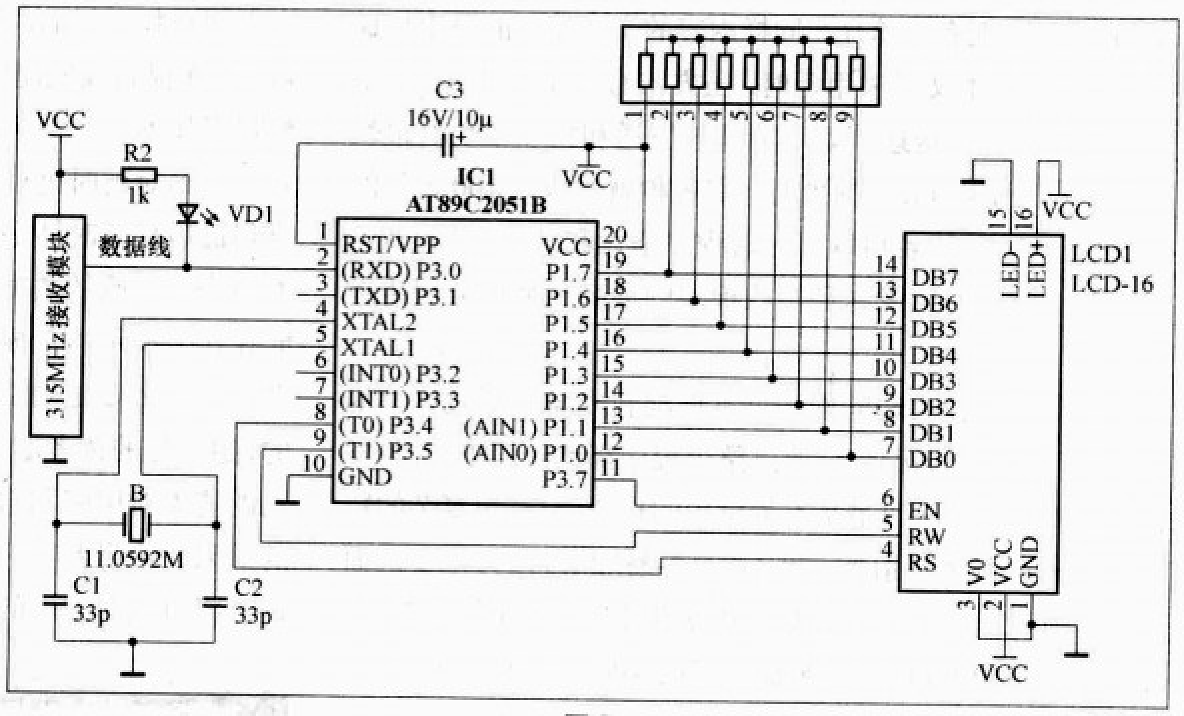


图2

电路功能

本文所介绍的无线收发电路采用ATMEL公司的AT89C2051单片机作为编码和解码电路的核心器件，接收端采用1602字符液晶显示器显示所接收到的数据。

工作原理

首先介绍编码电路。在使用过程中，笔者直接将发送模块的三个端子与自制的一块学习板相连，没有添加其他电子元件，属单片机最小系统，S1和S2为两个按键，本文程序未用。图1所示为发送端电路图，图2为接收端电路图。接收端将接收到的数据送入单片机的同时，还会驱动发光二极管以便对硬件和软件纠错，若数据接收成功还将显示在1602液晶显示器上，因本文主要是介绍无线遥控，关于1602字符液晶显示器的原理与应用不做介绍，读者可以参考《无线电》以往的相关文章，如果出于成本和程序难易程度的考虑，也可改用7段数码管甚至用发光二极管来作数据的显示。另外要注意一点，发送端和接收端的时钟晶振的频率必须要相同，否则编程会很麻烦甚至数据无法正常接收，这一点在介绍程序时还会提到。

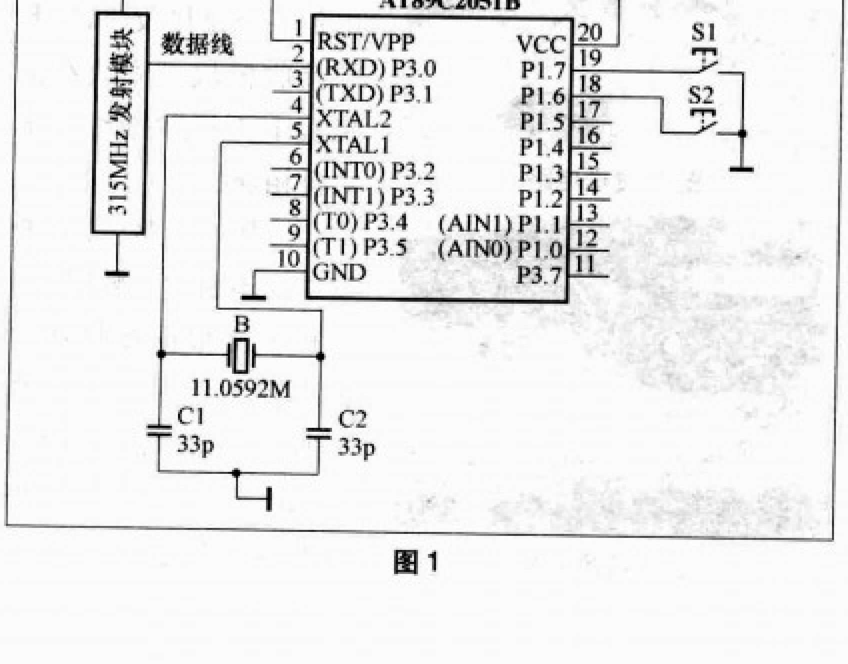


图1

软件方面，借鉴了红外遥控的编码思路，首先发送引导脉冲，紧接下来是数据码和数据反码，这一过程是在定时中断里面完成的，定时时间一到就调用一加法程序，然后将结果作为数据发送出去，计数器溢出后就清零进入下一循环。引导脉冲由一个低电平和高电平组成，每个高低电平延时大约11ms，这个靠11ms的延时程序来实现，数据码和反码每个位也是使用这个延时，可以说这11ms的延时就相当于比较简单的通信协议，也是发送和接收程序的核心部分，只要两边的延时相同，00H到0FFH内的数据都能被正确

接收，接收端检测到11ms的高低电平变化后，就调用11ms的延时来判断数据"0"和"1"，并将正确接收到的数据显示在液晶显示器上。前面已讲过若时钟晶振的频率不同那么发送端和接收端的延时子程序就要计算得相一致，这样程序编制就很麻烦甚至不能正常接收数据，这一点和单片机的串口通信是同样的道理。加入数据反码为的是提高抗干扰的效果，接收端的程序中就可以设置两个数据存储器，一个放原码一个放反码，接收完毕再将两个存储器的内容作比较即可判断是否接收正确，若正确再执行应执行的程序。本刊今年第1期有一篇介绍同样内容的文章使用的是串口通信的方法，而本文是采用延时，虽方法有点不一样，但关键的一点是数据传送速度都不能超过发送和接收模块的最快速度，本文使用11ms的延时，那每秒就大概是100个位的数据传送速度，读者可以将延时程序增大和减小，以此就可以测试出315MHz发送和接收模块的最高和最低数据传送速度。

发射端和接收端的程序见本期配刊光盘，都已尽量地模块化，能共享的就共享，所以整个程序都比较简单，且收发程序都使用的是8051最基本最常用的指令，没有用复杂的数学运算和逻辑运算指令，初学者很容易理解。因为主要是面向单片机初学者，所以本文介绍的编码格式是比较简单的，抗干扰效果较差，而无线数据通信的编码方法有很多种，有行业内的标准化编码方法，也有厂家独立研发的，而315MHz收发模块的工作原理和工作速度就基本决定了它不能用于高速通信，且也没有硬件抗干扰的能力，要排除干扰只能完全依靠软件来实现，本文的程序中，当315MHz接收模块接通电源后就一直处于工作状态，在有效接收范围内只要有315MHz发射模块发射信号，则接收端就会有输出，程序经笔者实际试验除配对的发射和接收两个系统外，再外加了一个机动车防盗遥控手柄，当然也是315MHz的，当发射和接收系统之间正在传送遥控数据时将遥控手柄的任意键按下，发现这样会打断系统间的数据传送导致接收端接收不到任何数据，这是最大的缺点，但是对要求较低的应用场合应该可以满足，因为程序至少不会对其他的315MHz发射模块有响应，意即不会有误动作，比如家里用来遥控电灯，不会随时都有人拿着个汽车防盗遥控器在附近按来按去。

业余条件下的电路调试

笔者是单片机爱好者，个人水平和试验器材有限，是典型的"一台万用表打天下"，手中既没有示波器来查看波形，也没有仿真器，对于软硬件只能靠收发两个板子上的发光二极管和接收端的1602液晶显示器的实际运行来排错，如果数据发出来，则与发射模块相连的发光二极管点亮，表明有信号发出，同样接收端的发光二极管如果与发射端的变化同步，表明接收到了信号，从而完成硬件排错，最后将接收到的数据显示在显示器上。

程序上的排错主要集中在数据延时上，刚开始笔者将要发送的每个数据位的延时选得很短，不知不觉中已远远超出315MHz发送和接收模块的数据收发速度，也就是相当于在串行通信中将波特率设置过高，导致收发失败，这是笔者遇到的最大障碍，因为笔者开始把问题归结为硬件故障，在这个不大不小的问题上白白花了很多时间，后来在一次上网查找资料的时候读到与315MHz模块相关的一篇文章，里面提到收发速度问题，说它的传输速度是很低的，不然将工作不正常甚至无法传输数据，笔者这才恍然大悟，回家后立刻对延时进行修改，改一次源码就重烧录一次芯片，直到最后将延时锁定在11ms，至此排错告一段落，收发双方能进行正确的数据传输了，发送端发送的数据也基本都能在1602显示器上显示出来，但仍有个别的数据不稳定，笔者分析这主要是硬件本身固有的缺陷和程序的合理性造成的，感兴趣的读者朋友可以在本文的软硬件基础上，发挥自己的能力对电路和软件再作进一步的修改，以求达到更好的效果。希望大家到《无线电》杂志的BBS论坛里进行讨论，将自己对程序的改进方法提出来。

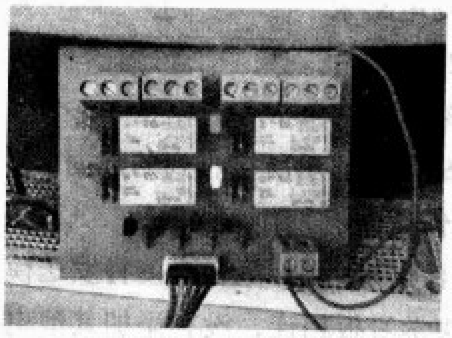


图3 4路继电器控制板

图4 发送电路

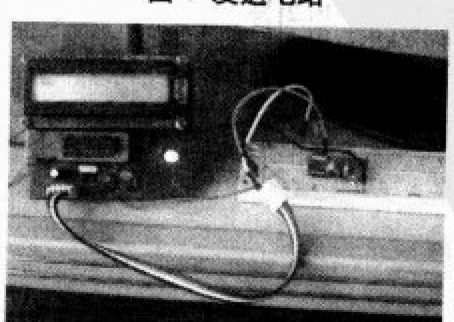
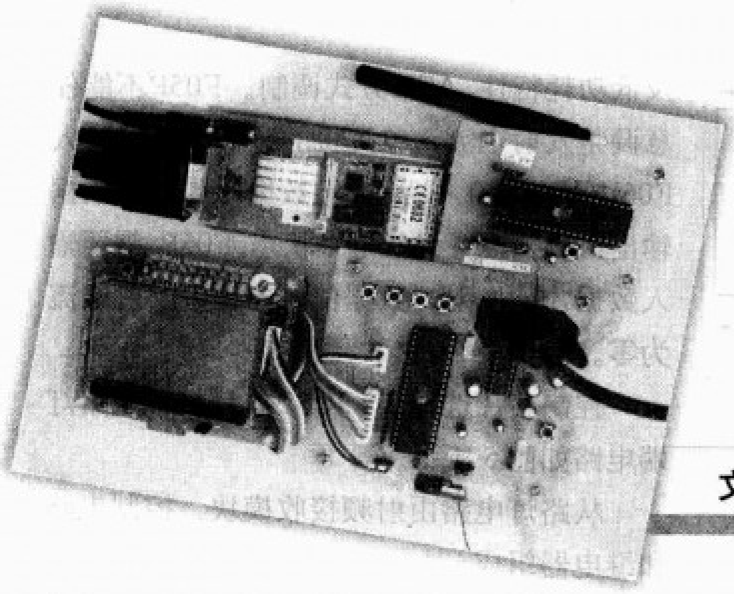


图5 接收电路

实际应用

在收发两个电路的基础上再增加一块4路继电器控制板，如图3所示，可与收发电路配合进行遥控控制。图4是发送电路，左边的发光二极管是电源指示，右下角的为数据指示，拍照时刚好点亮表明正在发送数据，电路中的数码管本实验没有用到。图5是接收电路，其中接收模块是安放在面包板上再用数据线与单片机相连的。

连接好电路后，随着发送端不断发出数据，单片机就会根据接收到的数据控制相应的继电器接通，图3中右下角的发光二极管点亮，表明此路继电器已接通。



基于GSM模块的路灯无线监控系统

文 / 戚敏敏 柏华东 谢建军

目前，路灯管理一般利用光敏电阻对外界光线的感应来对路灯进行自动开关操作，或通过定时手动开／关路灯，但也存在因感应设备的老化或路灯管理人员对现场情况的不了解，出现有部分路灯未开启或关断。未及时开启的路灯给人们的出行带来了不便，未关闭的路灯长时间开着，将浪费电力资源。本文介绍一种新型路灯监控系统，在原有路灯的基础上，利用现有GSM网络和小面积覆盖的射频信号，额外对路灯进行监控，虽然成本会随之增加，但整个路灯系统的稳定性提高，路灯管理员可以使用手持控制器在现场对路灯进行管理，非常方便。

系统概述

图1为系统示意图，当路灯管理员发现路灯出现不正常现象（该关的没关或该开的没开）时，通过控制手机给当前主路灯（接收GSM模块的手机号）发送信息，主路灯在处理数据后，用无线射频（工作频率315MHz/433MHz）向从路灯发送控制信息，这样就完成了对路灯的现场监控。

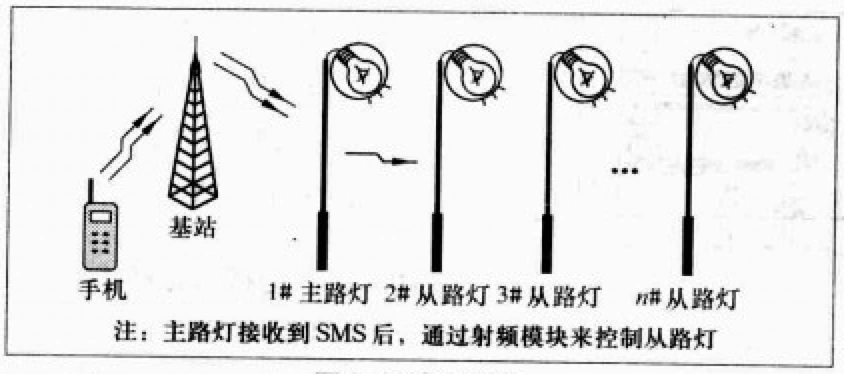


图1 系统示意图

硬件电路

硬件部分一个安装在主路灯上，另一个安装在从路灯上。

主路灯电路包括GSM模块、GSM与控制芯片的接口电路以及发射电路。

1.MC35i 模块

系统使用了Siemens公司的GSM模块MC35i作为移动接收终端，其外形见图2。它是Siemens公司推出的新一代

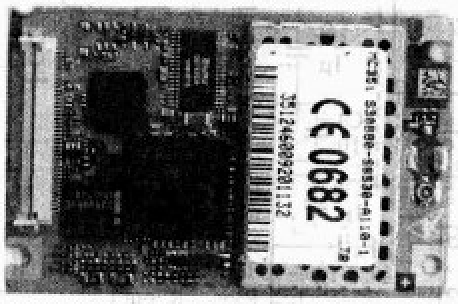


图2 MC35i外形图

无线通信GSM模块，可以快速安全可靠地实现系统方案中的数据和短消息服务(Short Message Service)。模块的工作电压为3.3V～5.5V，可以工作在900MHz和1800MHz两个频段，功耗分别为2W（900MHz）和1W（1800MHz）。模块有AT命令集接口，支持文本和PDU模式的短消息、第三组的二类传真以及2.4k、4.8k、9.6k的非透明模式。通过IF连接器及50Ω天线连接器，可分别连接SIM卡支架和天线。 图3为GPRS模块的总体框图。

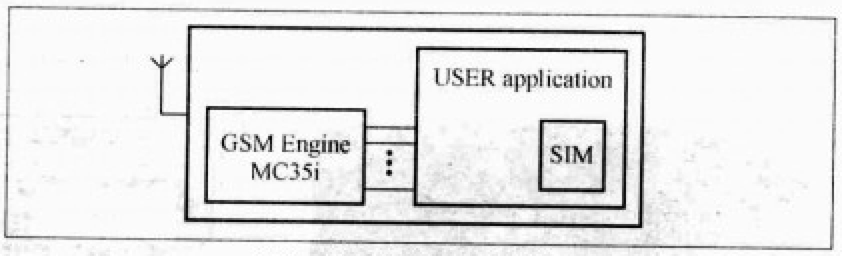


图3 GPRS模块的总体框图

MC35i模块主要由GSM基带处理器、GSM射频模块、供电模块(ASIC)、闪存、ZIF连接器、天线接口6部分组成。作为MC35i的核心，基带处理器主要处理GSM终端内的语音、数据信号，并涵盖了蜂窝射频设备中的所有的模拟和数字功能。在不需要额外硬件电路的前提下，可支持FR、HR和EFR语音信道编码。

数据通信电路主要完成短消息收发、与PC机通信、软件流控制等功能。MC35i的数据接口采用串行异步收发方式，符合ITU-T RS-232接口电路标准，工作在CMOS电平(2.65V)。数据接口配置为8位数据位、1位停止位、无校验位，可以在300～115K的波特率下运行，支持的自动波特率为4.8K～115K（14.4K和28.8K除外）。MC35i模块

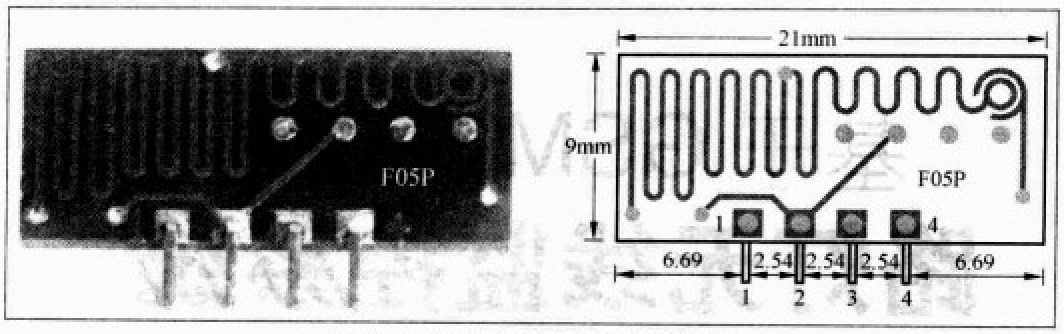


图 4 发射模块 F05P 及引脚说明

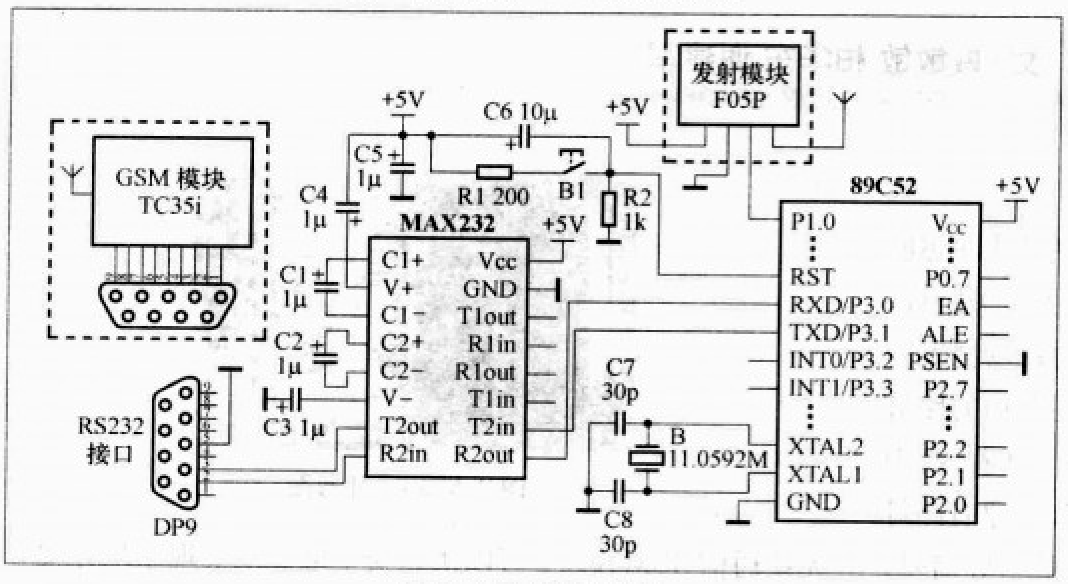


图 5 主路灯端电路图

还支持 RTS0/CTS0 的硬件握手和 XON/XOFF 的软件流控制。

2.射频发射模块 F05P

F05P（图 4）采用 SMT 工艺，树脂封装，小体积，声表谐振器稳频，内部具有一级调制电路及限流电阻，适合单片机短距离无线数据传输。F05P 具有较宽的工作电压范围及低功耗特性，ASK方式调制。F05P不能任意调整发射电流，单片机的数据可直接进入F05P的数据输入端。在无数据时单片机数据输出口必须设置为低电平状态。F05P 需要输入数据才能发射，数据信号停止，发射电流为零。

控制芯片选择了 89C52 单片机，主路灯端电路如图 5 所示。

从路灯电路由射频接收模块、控制电路和继电器组成。

射频接收模块（J04V，图 6），工作频率分为 315MHz 或 433MHz，无接收数据时输出为零电平状态，与 J04V 接口的器件也必须处于零电平状态。如果是高阻抗负载可直接连接；内部具有放大整形电路，只适合数字信号的接收而不适合模拟信号。

从路灯端电路如图 7 所示。

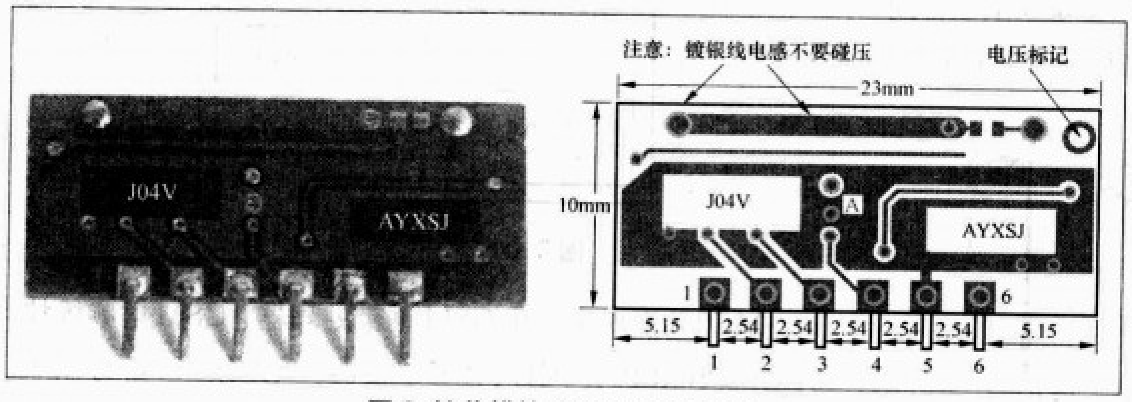


图 6 接收模块 J04V 及引脚说明

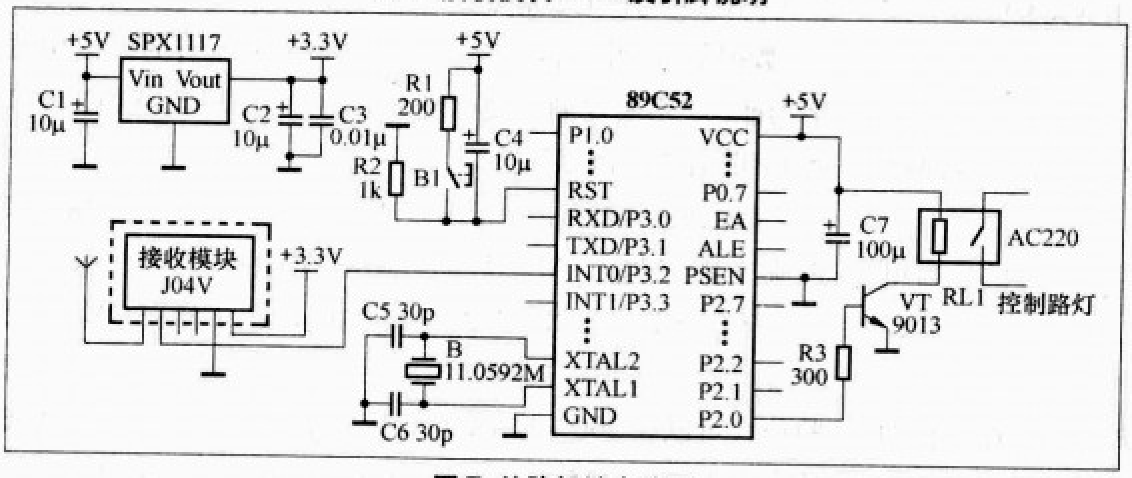


图 7 从路灯端电路图

软件设计

1.关于 AT 指令和 PDU 模式短信

Siemens 短消息 AT 指令集：

AT+CNMI=3,1 新消息提示

AT+CMGL=“ALL” 查看所有短消息内容

扩展命令：

AT+CMGL=<index>	返回信息： 如果选择的是 PDU 模式： <index>： 0 接收未读短信（系统默认） 1 接收可读短信 2 存储未发短信 3 存储已发短信 4 所有短信

AT+CMGF=1 选择信息格式（0 为 PDU 格式，1 为 TEXT 格式）

本系统选择了 PDU 模式短信内容（AT+CMGF=0），PDU 串表面上是一串 ASCII 码，由‘0’～‘9’、‘A’～‘F’这些数字和字母组成。它们是8位字节的十六进制数。PDU 串不仅包含可显示的消息本身，还包含很多其他信息，如SMS 服务中心号码、目标号码、回复号码、编码方式和时间邮戳等。发送和接收的 PDU 串结构是不完全相同的。我们先用

附表 PDU 串的结构和编排方式

分 段	含 义	说 明
08	SMSC 地址信息的长度	共 8 个 8 位字节(包括 91)
91	SMSC 地址格式(TON/NPI)	用国际格式号码(在前面加 '+')
683108504705F0	SMSC 地址 8613800574500	补 'F' 凑成偶数个
04	基本参数(TP-MTI/VFP)	发送，TP-VP 用相对格式
0D	消息基准值(TP - MR)	0
91	目标地址格式(TON/NPI)	用国际格式号码(在前面加 '+')
683188449160F8	目标地址(TP-DA)	8613884419068，补 'F' 凑成偶数个
00	协议标识(TP-PID)	是普通 GSM 类型，点到点方式
WAVECOM 忽略本字段，一般应为 00	有效期(TP-VP)	5 min
609032920200	时间邮戳	609032920200
03	用户信息长度(TP-UDL)	
30190C	用户信息(TP-UD)	发送信息的内容

一个实际的例子来说明 P D U 串的结构和编排方式：13706843154 发送信息到 13884419068，见附表。发送 PDU 串为 0891683108504705F0040D91683188449160F8000060903292020000330190C。

下面简单地介绍一个 AT 指令的操作，以查看短消息"AT+CMGL=? "为例，首先，通过上位机的超级终端，与 GPRS 接收终端相连，查看 MC35i AT 指令集，具体操作如下：

打开超级终端，设置通信口为 COM1，波特率为 9600，8 位数据位，一位停止位，无奇偶校验。然后在弹出的对话框中输入"A T I"后回车，返回版本信息；继续输入"AT+CMGL=0"并回车，GPRS 判断是否有新的消息，如果有则返回 PDU 格式的编码（终端选择信息格式为 PDU，具体选择，请查看短消息 AT 指令集），最后显示"OK"；如果终端没有收到新的消息，则直接返回"OK"。详细显示如图 8 所示(其中输入"ATI"命令后，返回的是版本号)。

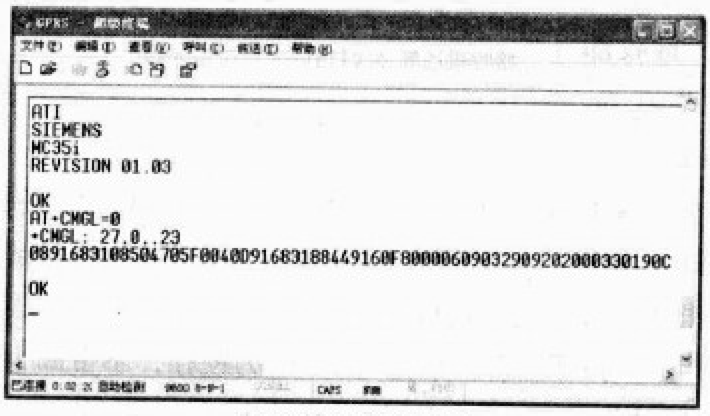


图 8 超级终端显示

2.无线射频编码方式

射频信号在进行远距离传输时，如果信号常为高电平，由于某些原因，发送的高电平往往会被拉低，这时就需要使用信号编解码来解决问题了，使原来直流信号编码成变化较快的交流信号。我们采用的最简单的曼彻斯特编码。

在曼彻斯特编码中，用电压跳变的相位不同来区分 1 和 0，即用正的电压跳变表示 0，用负的电压跳变表示 1。因此，

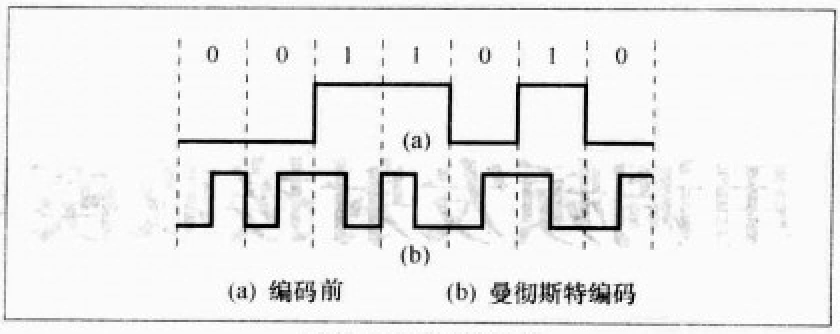


图 9 曼彻斯特编码

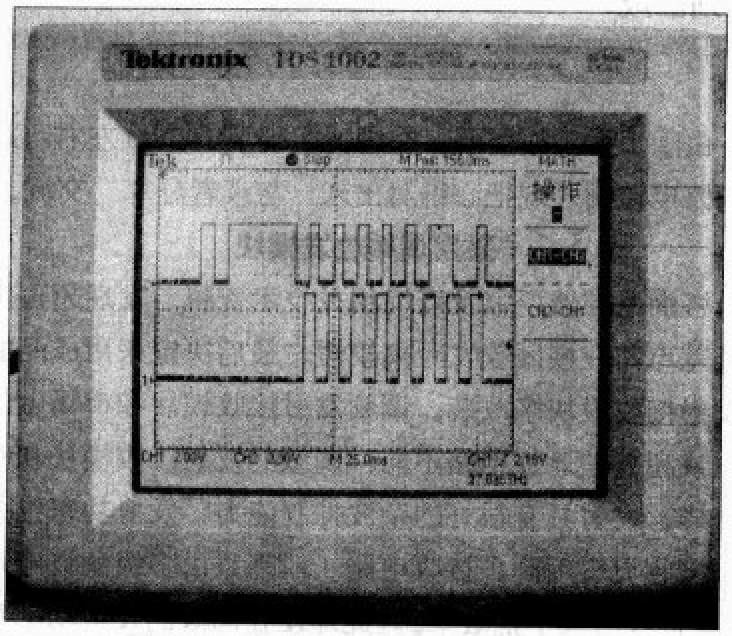


图 10 示波器实测的曼彻斯特编码波形

这种编码也称为相应编码。由于跳变都发生在每一个码元的中间，接收端可以方便地利用它作为位同步时钟，因此，这种编码也称为自同步编码。图9为曼彻斯特编码基本编码原理，图 10 为用示波器实测的曼彻斯特编码波形。

3.软件流程图

整个软件的编程全部在 C 语言环境下完成，主路灯和从路灯都采用 89C52 作为控制芯片，具体的流程图如图 11、图 12 所示。

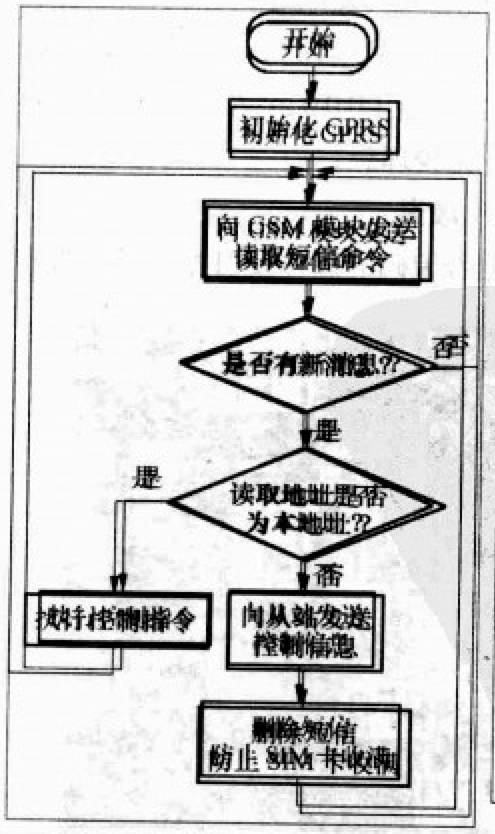


图 11 主路灯软件设计流程图

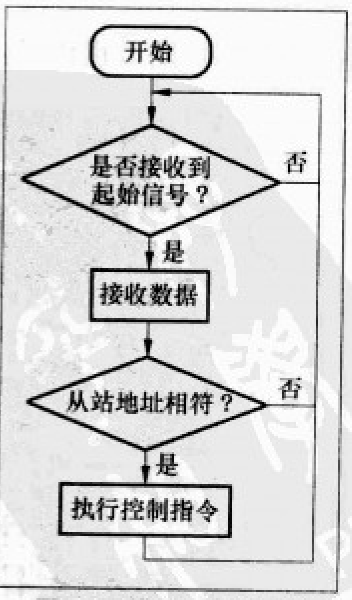


图 12 主路灯软件设计流程图

用调频发射接收模块改装远程遥控装置

文 / 刘国成

由于工程工作需要，在楼区实现了1000m左右可靠遥控四路电控制，现把心得写出来，与读者分享、交流。

采用调频收发模块

咨询遥控器厂家及查询相关技术资料，发现超再生和超外差电路在楼区收发距离较短，最后决定采用成品的调频发射接收模块来改装。调频发射接收模块和市场上的超再生或超外差遥控电路不同：调频的发射接收模块和对讲机一样，发射具有很好的杂波抑制能力，发射功率也大得多；接收灵敏度高，接收电路一般都是由多级滤波电路构成，有很好的抗干扰效果。因此即使在同等的发射功率和接收灵敏度下，调频的也比市场上超再生或超外差遥控控制距离远得多。

调频发射接收模块的选型

由于相关法规限制，只能选用合法频点，比如调频业余频点或公众频点。上网查询后，采用了广东某射频产品开发中心的409MHz段的公众频点的调频发射接收模块，如图1、图2所示。该模块的发射功率达0.5W，若提高工作电压到12V，最大发射功率可达1W以上。接收灵敏度去掉静噪功能在−120dBm左右。购得后单独测试发射接收模块，实际可靠通信距离在楼区可达1000m左右，有的地方2000m左右效果也不错，比较理想。

改装

控制电路采用市场上带编码的遥控发射器成品和带解码的遥控接收模块，焊掉RF部分，只保留编解码电路。发射改装示意图见图3。

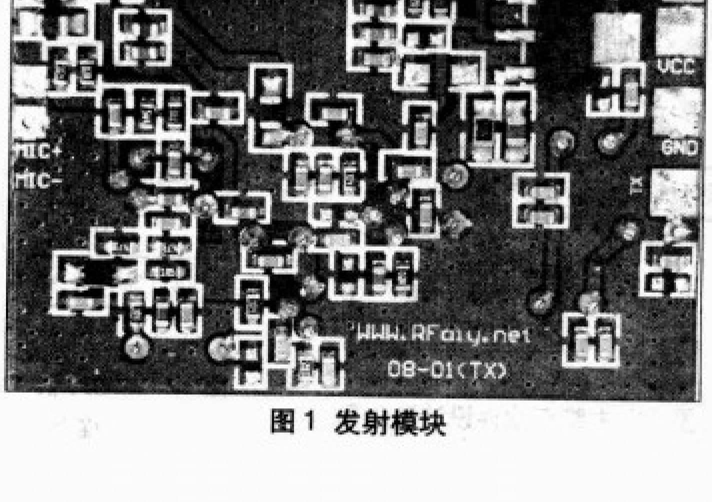


图1 发射模块

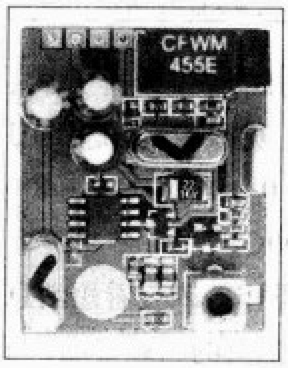


图2 接收模块

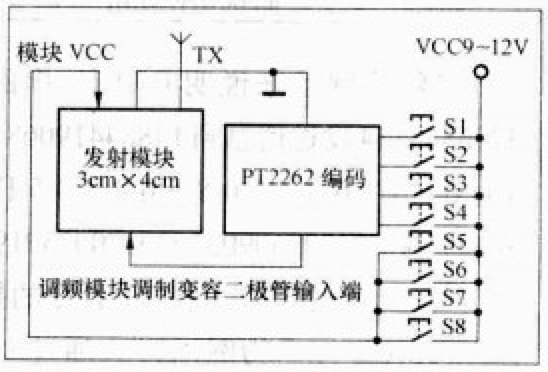


图3

4个按键开关选用小型的2位共联动开关，电池用小型的11V可充电锂离子电池，以能装下原遥控发射器外壳为准。PT2262的输出信号输入至调频发射模块的调制输入端（变容二极管的正极，之间最好再串一100kΩ左右的电阻作衰减）。接收部分的改装，示意图见图4。

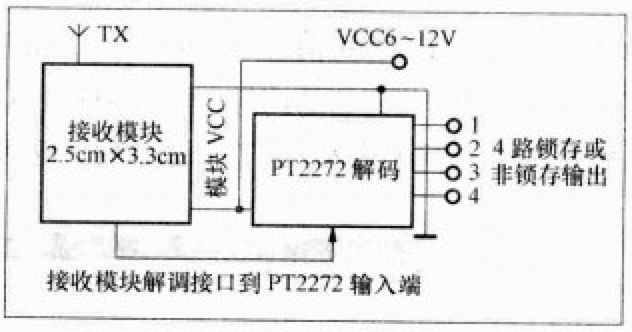
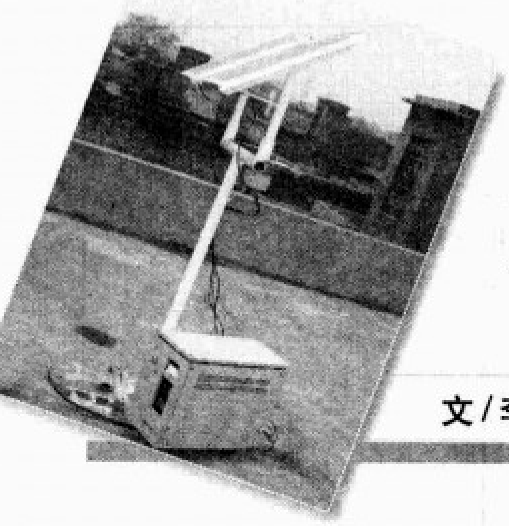


图4

从图4可以看出，接收部分的改装更简单。把调频接收模块的解调接口输出的信号接到PT2272解码模块的解调输入端即可。接收输出对应的4路锁存或非锁存（决定于接收解码电路的PT2272，后缀带L4的为锁存，不带即为非锁存，可根据实际需要选用）信号直接用三极管驱动继电器或光耦，用以控制相应负载电器。

用调频发射接收模块改装后的远距离无线遥控模块非常好用，信号质量很好，在室外空阔地大概测试了一下，在3500m左右也可以很稳定地控制。由于该遥控属于短时间发射（每次最多10s以内），而且工作在409MHz的公众频段，不会对空间电波造成干扰。后来找专业做电路板的厂家按照我们提供的外壳做了标准发射接收成品板，一直使用至今，很满意。



LED太阳能路灯控制器

文/李占林

太阳能电源是新型环保型电源，随着21世纪能源的紧张以及整个社会对节能和环保意识的逐步增强，以太阳能发电的绿色能源将逐步取代相关的耗能产品。本文介绍的太阳能路灯控制器是针对居民小区及景观照明的实际应用而设计的，控制器原来是双面板电路，为了使读者方便对照原理图制作，笔者把原电路板改制为单面电路板，该电路通用性较强，稍加改动便可应用于野外照明及低压供电。

电路工作原理

该太阳能路灯控制器的原理方框图见图1，电路原理图见图2。

电路包括过充电、双路过放电保护、定时照明控制、蓄电池电压声音提示、光控延时开启照明等几部分电路，针对负载大功率LED的特性，5路恒流输出便于照明功率的调整。电路核心由电压比较器IC4组成，精密稳压器IC3为IC4提供5V基准电压。VD3、R42、VD4、C4组成的蓄电池电压采集及限压电路，为过充过放电路提供小于5V的波动电压，由IC4的A3、A4及VT10、VT11及相关电路组成非线性充电控制器，IC4的A4及VT3，VT4组成负载的开和关的辅助电路，由VT1、VT2组成照度信号采样及延时触发电路。IC2及相关电路组成蓄电池电压声音提示电路。IC1及相关电路组成长延时定时电路。由IC7~IC11及相关电路组成5路可调恒流电路。

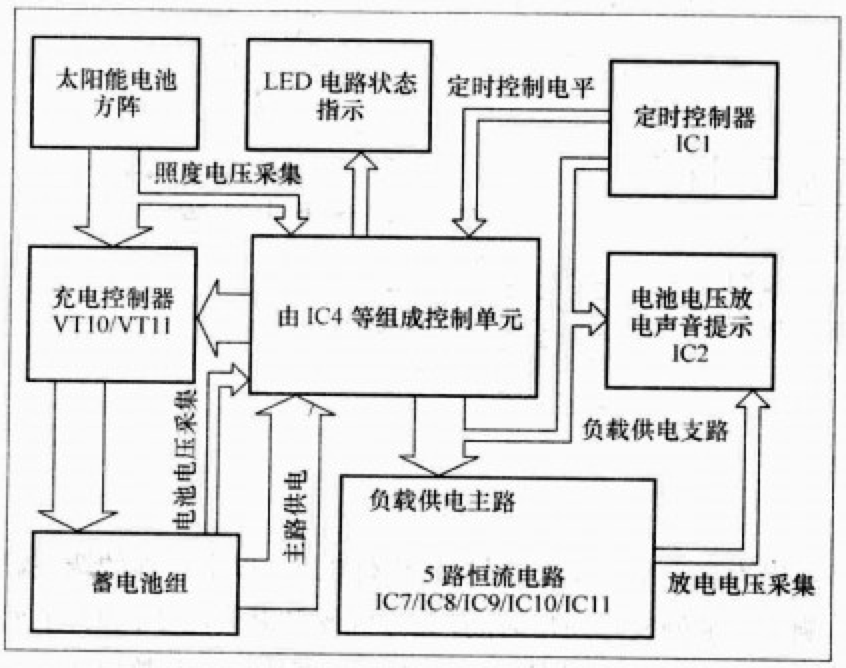


图1 LED太阳能路灯控制器电路方框图

电路的具体工作过程是：初始时假定白天，IC4、A1电池电压在10.2~14.5V时会输出高电平而来自A4的高电平将导致VT7导通，迫使VT8截止，A4的高电平来自反相端的低电平，同时太阳能电池板将通过R35、VD17，向C11充电。也通过R36使VT1导通，使得VT2截止，VD5、C10、R38组成照度值采集电路。此时其他电路都不工作。随着光线的变暗，达到设计照度阀值时，C11、R37、VT2将向VT4提供5s以上的启动电压，导致VT3导通A4输出低电平，来自A1输出端的高电平将使VT8导通，负载得电，此时IC1得电开始倒计时间，当到达设定时间时在VD11输出高电平使VT7导通，VT8截止，负载失电并闭锁，等待第二天重复。电路板预留有VT9和SB3是方便反向定时触发。在负载得电时，由IC2、VT5等组成电池电压声音提示，方便后期维修。恒流电路原理简单不再烦述。R17和VD10有两个功能，一是在负载工作时监视电瓶电压，当低于9.5V时由VT3、VT4和IC4的A4输出高电平，使得VT7导通，进而是VT8截止，关闭负载，作为电池放电的第二路保护。二是当光线变暗达到设计照度阀值时，为VT4送来的启动电压的续流，保证负载持续供电。电路板上预留有外接开和关的标准插件，方便电路变通使用。电路的状态有4个LED显示，其中VD19充电工作状态，VD20显示在充电或待充电状态，VD21显示电路给负载供电状态，VD22显示电池电压状态。

电路的调整方法

笔者调试时使用的仪表为一台两路可调稳压电源，见图3，每路输出电流大于2.0A，一路0~30V用来模拟太阳能电池板电压，另一路0~20V用来模拟蓄电池电压；另有一台电压分辨率精度高于10mV的数字万用表，见图4。

调整步骤是：先不接太阳能电池板和蓄电池，把稳压电源的两个端子按正负极接在电路板的蓄电池位置，调整稳

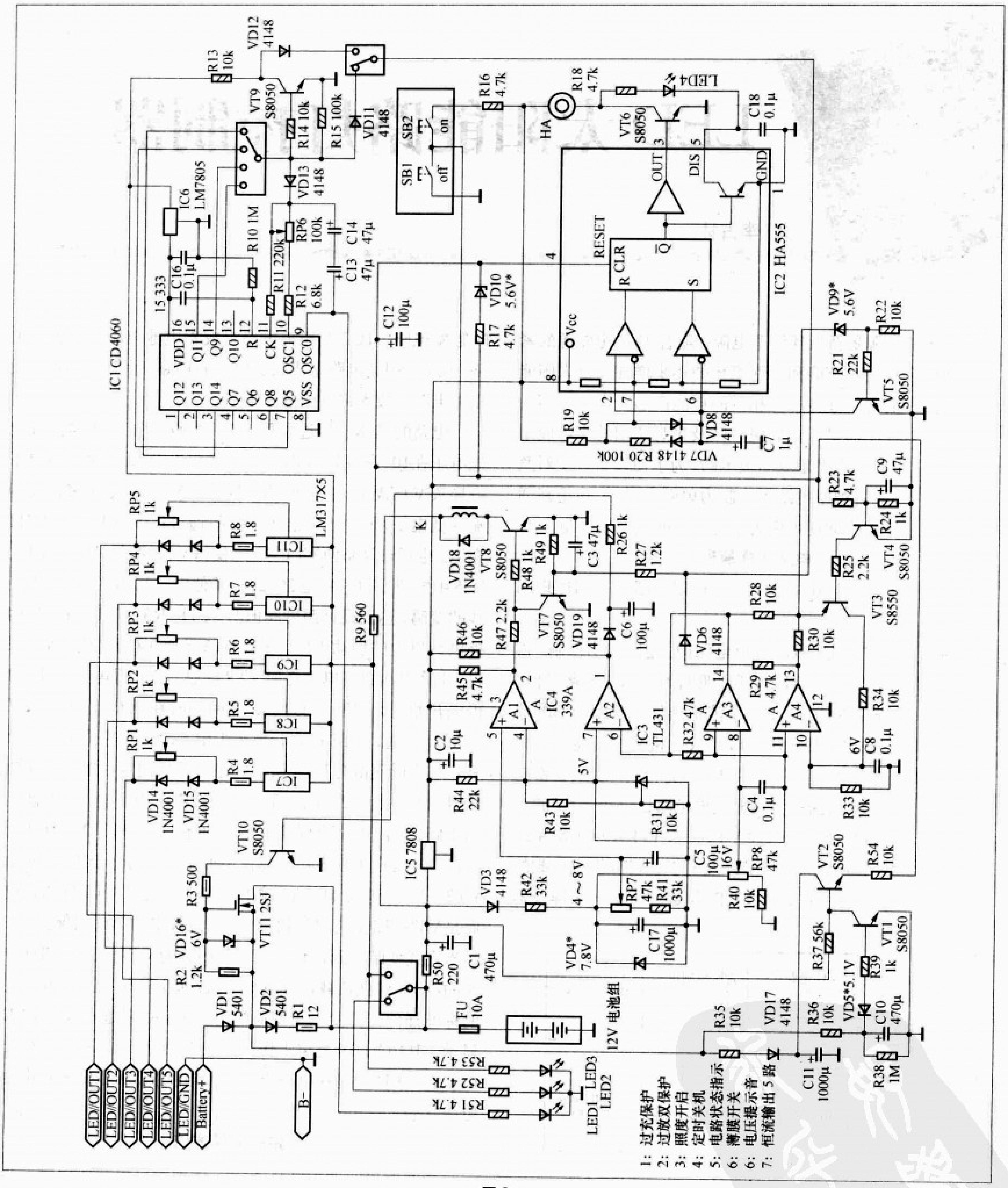


图2

压电源使输出电压为10.2V，见图5，调整RP7 使 IC4的输出端，即IC4的2脚刚好转入高电平，10V时转入低电平。再调整稳压电源使输出为13.8V，调整RP8使得IC4的1脚输出为高电平，13.6V时折转为低电平，以上步骤的调整影响蓄电池的实际使用时间，北方气候冬夏气温变化大，上面是按气温20℃时的数据。RP6可以更精确地调整照明（放

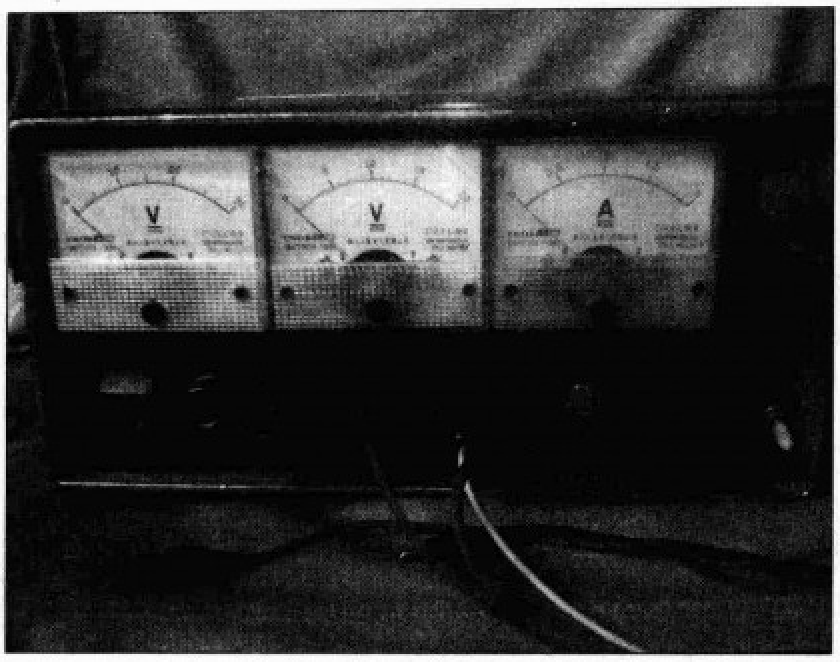


图3

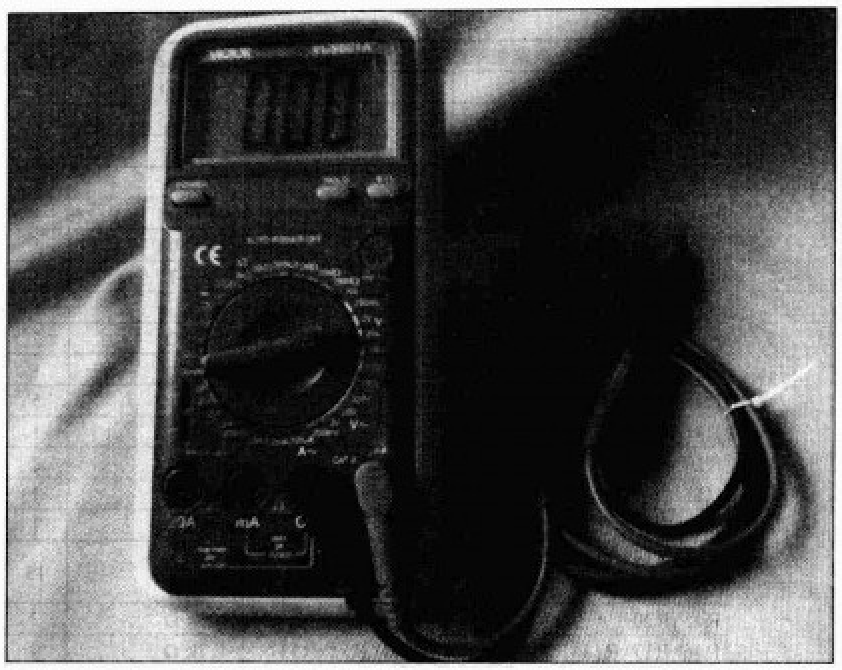


图4

图5

电）时间，负载按每支3个1W的LED串联，这样总输出功率达15W，恒流电路的调整是先在输出端串联电流表和5W30 Ω的电阻，调整相应端的电位器，使输出电流为350mA(也可按LED厂家数据调整)，实际使用时用2个电阻取代电位器，规模制作太阳能路灯控制器时则按LED厂家提供的电流数据来整定值，没有调整环节。

器件的选择及制作注意

为便于大家动手制作及进行生产，器件的型号已标注在原理图里，电解电容耐压要求大于16V，电阻R1和R4、R5、R6、R7、R8为2W，其他均是0.125W，调整时为了调整方便和调整准确，所有电位器尽量使用多圈精密电位器，VD1、VD2要求正向压降小，SB3和SB4只在电路板上一次调整焊接，因为整套太阳能路灯控制器工作在低压状态，所以连接蓄电池和连接太阳能电池板的连线尽量短，并按实际使用电流适当增大线经，减少线耗，该太阳能路灯控制器采用单面印制板，印制板图见图6。

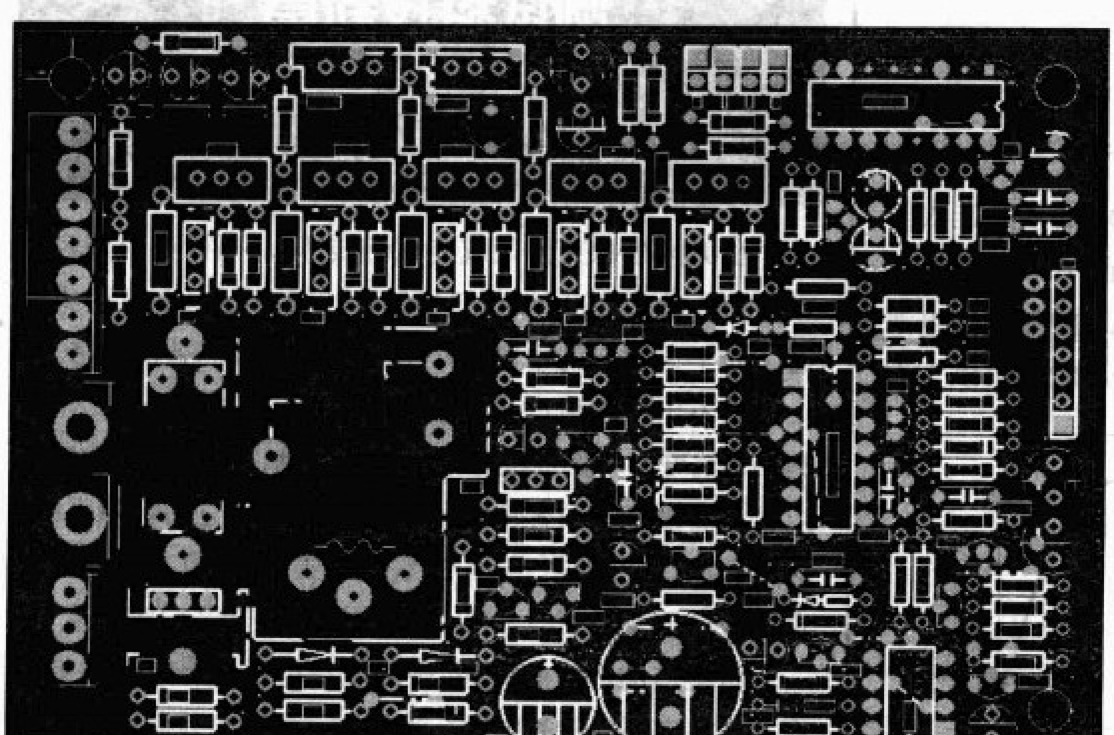


图6

实际制作时由于采用单面电路板，注意跨线的正确连接，电路板上标有提示线，如果读者想使电路适宜高温差的变化，使充电曲线接近蓄电池对温度变化的要求，延长蓄电池使用寿命，可进一步改进电路，一是把R40换成正温度系数的热敏电阻，二是取消VT10、VT11和周边电路，改为用MIC5014驱动的MOSFET电路，使充电控制精度提高(参看无线电第507期)，同时取掉由VD2、R1组成的消流电路。

太阳能电池板组件和蓄电池容量的

附表 电路器件装配表

器件名称	电路装配编号	型号及规格	数量
集成电路	IC1	CD4060	1
	IC2	HA7555	1
	IC3	TL431	1
	IC4	HA339	1
	IC5	LM7808	1
	IC6	LM7805	1
	IC7~IC11	LM317	5
电阻	R1	12 Ω	1
	R2\R27	1.2k Ω	2
	R3	500 Ω	1
	R4\R5\R6\R7\R8	1.8 Ω	5
	R9	560 Ω	1
	R10\R38	1M Ω	2
	R11	220k Ω	1
	R12	6.8k Ω	1
	R13\R14\R19\R22\R28\R30\R31\R33\R34\R35\R36\R40\R43\R46\R54	10k Ω	15
	R15\R20	100k Ω	2
	R16\R17\R18\R23\R29\R45\R51\R52\R53	4.7k Ω	9
	R21\R44	22k Ω	2
	R24\R26\R39\R48\R49	1k Ω	5
	R25\R47\	2.2k Ω	2
	R32	47k Ω	1
	R37	56k Ω	1
	R41\R42	33k Ω	2
	R50	220 Ω	1
电容	C1	470 μ F/25V	1
	C2	10 μ F/16V	1
	C3\C13\C14	47 μ F/16V	3
	C4\C8\C16\C18	0.1 μ F /100V	4
	C5\C6\C12	100 μ F/16V	3
	C7	1 μ F/10V	1
	C9	47 μ F/10V	1
	C10	470 μ F/25V	1
	C11\C17	1000 μ F/25V	2
	C15	333/100V	1
可调电阻	RP1\RP2\RP3\RP4\RP5	1k Ω	5
	RP6	100k Ω	1
	RP7\RP8	47k Ω	2
二极管	VD1\VD2	5401	2
	VD3\VD6\VD7\VD8\VD11\VD12\VD13\VD17	4148	8
	VD4	7.8V	1
	VD5	5.1V	1
	VD9\VD10	5.6V	2
	VD14\VD15\VD18	1N4001	3
	VD16	6V	1
	LED1~LED4	发光二极管	4
三极管	VT1\VT2\VT3\VT4\VT5\VT6\VT7\VT8\VT9\VT10	S8050	10
	VT11	2SJ100	1

选取：15W 照明功率时配置 17.2V、75Wpp 的单晶硅太阳能电池组件，北方地区天气晴朗时 11 点至 16 点实测 12V 蓄电池的充电电流达 4.1A，选用 12V40Ah 的免维护电池组，可以照明 12 小时以上，每天照明 4 个小时就可以工作三天，读者如果增大照明功率或延长阴雨天气的照明时间，太阳能电池板组件功率和蓄电池容量要相应增加。

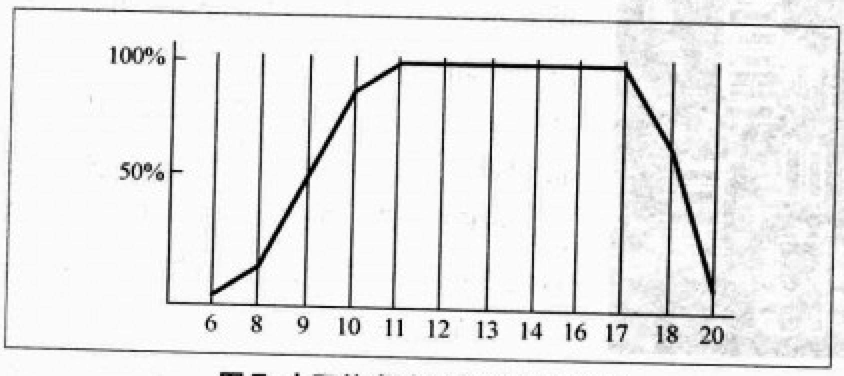


图 7 太阳能电池板实测充电曲线

图 8

图 7 是笔者在当地用 50Wpp 太阳能电池板实测的充电曲线，纵轴线表示充电电流的负载率，横轴线表示时间变化值。根据我国各地的空气质量的相应变化，换地区后会有相应差异，按厂家提供的数据，正常照度短路电流不小于 2.8A。太阳能电池板短路电流测试参见图 8，拍照时间：2008/6/30 14:30；拍照地点：河南郑州地区；天气：阴天，光照度低；气温：33℃。图 8 是实际测量现场，两块 25Wpp 太阳能电池板的短路电流。注意测试短路电流时间尽量短，减少电池板的温升，电池板电极长时间短路将造成电池损坏。

测试科技新篇，期待与您共续！

——福禄克中国客户服务中心成立

在美国福禄克公司成立 60 年之际，福禄克中国客户服务中心热线 400-810-3435 于 2008 年 8 月 8 日正式开通。此平台旨在为中国用户提供更为快捷高效的服务。

足不出户的用户只需拿起手中的电话拨打400-810-3435，就可以查询产品信息、最新活动、在线技术支持等内容。福禄克中国客户服务中心采用最先进的呼叫系统，对所有通话记录进行全程的数据采集，使之更有效地提高企业服务质量及优化企业服务结构和提升客户满意度。

希望借助热线的开通，中国用户可以切身感受到福禄克“立足中国，服务中国”的理念，测试科技新篇，期待与您共续！（本刊记者）

在电脑间实现
无线互连 》》》

○ 文/胡彩石

很多时候我们需要在多台电脑间建立局域网以便在电脑间传输文件，联机游戏或者同时上网等，如果不使用路由器或交换机，也是一样是可以实现的。下面就让笔者为大家解决这个问题。

首先需要两台电脑都带有无线网卡，现在笔记本一般都自带无线网卡，这个条件很容易达到。打开“网上邻居－查看网络连接”，右击“无线网络连接”，可出现无线网络连接对话框，注意笔记本带迅驰技术和不带迅驰技术的显示是不同的，分别见图1、图2。

当然如果没有显示“无线网络连接”，是因为没装无线网卡驱动，可装一个相应机型的驱动或下载一个万能无线网卡驱动。提示：两台电脑无线连接的防火墙都要关闭。

1.对于只有如图1所示显示的笔记本

在无线网络连接项属性对话框 “常规”选项卡中双击“Internet 协议 TCP/IP”。把两台电脑的IP地址设置成同网段的,例如第一台的IP地址设为192.168.0.1，另外的机子可设为192.168.0.2、192.168.0.3等，最后一位只要在1~255之间都行，子网掩码都设置为255.255.255.0。

下面我们将一台电脑作为主机，建立一个网络。双击右下角网络连接图标，出现如图3所示的窗口（万能无线驱动下的界面）。点“配置式”弹出如图4所示窗口。再点“添加”弹出如图5所示窗口，在服务名(SSID)中填写一个名称，不能用中文，其他电脑在寻找这个点对点连接的时候就会看到这个名字，我们在此写hello。然后在下面的“操作模式”下选“设备到设备”。再单击下一步出现如图6所示窗口，如果希望在其他电脑访问时不需要密码，将“安全性设置”设为无，单击“确定”。此时打开“配置式”，发现已有我们建立的“hello”网络。

在另一台电脑的图3所示对话框中，刷新后就可检测到“hello”网络，进行连接，成功后可发现两台电脑的右下角网络图标都变绿，鼠标放上面可显示电脑无线连接的有关情况，如速度、信号强度等，这就表明已建立了无线网络连接。

接下来的操作和建立有线局域网一样，你只要在主机上建立一个工作组，将另外的电脑加入到这个工作组中，就可实现资源共享了。怎么样，是不是很简单？

2.对于如图2所示

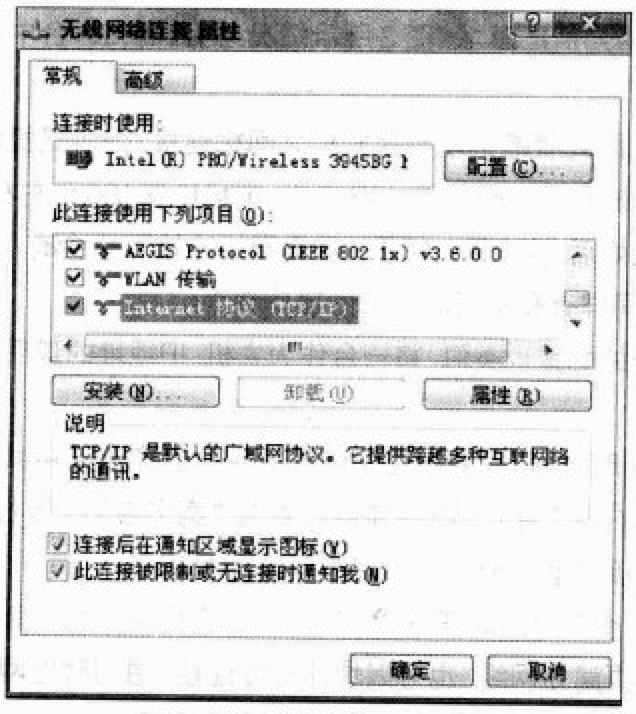


图1 带迅驰技术的连接属性

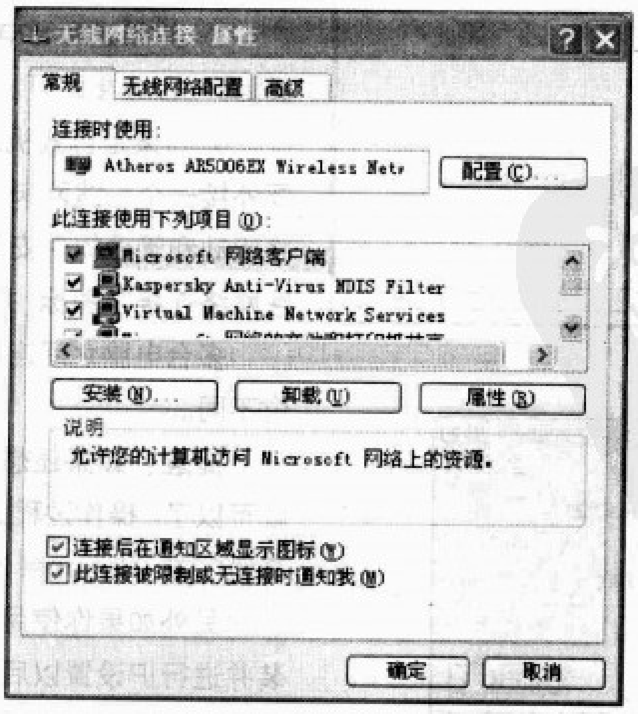


图2 不带迅驰技术的连接属性

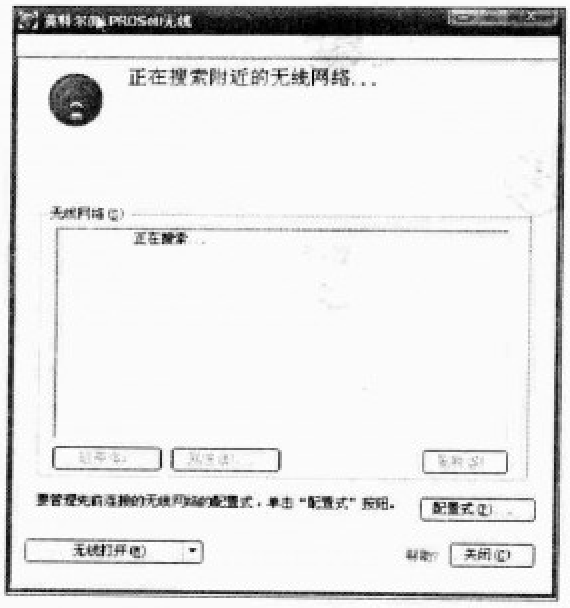


图3

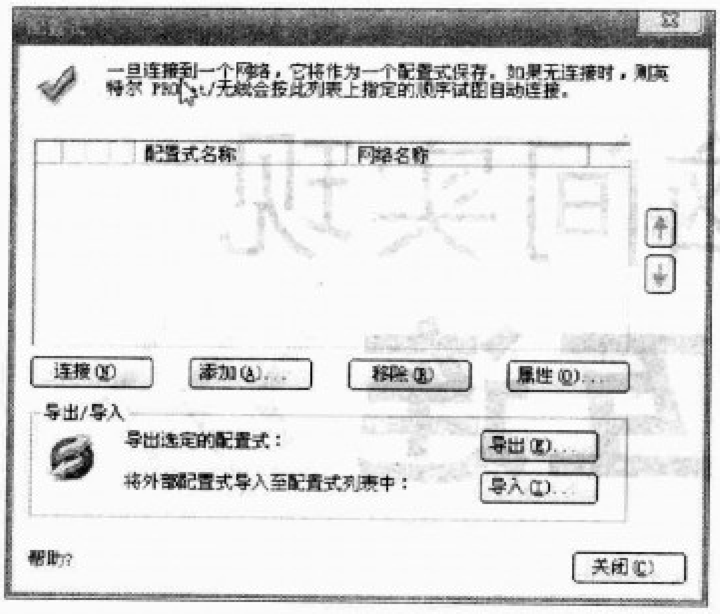


图4

的多了一个“无线网络配置”的笔记本，配置也类似。

（1）和上一步一样，在“Internet 协议 TCP/IP”中进行同样的配置。

（2）选择“无线网络配置”选项卡。再选择“用 Windows 配置我的无线网络设置”。点击“添加”，在服务名(SSID)中填写你喜欢的名称，注意不能用中文，我们在此写 hello，然后在下面的“无线网络密钥”项下配置与对应无线网卡相同的安全选项。并要选择“这是一个计算机到计算机（特定的）网络”。

（3）如果想配置 IEEE 802.1x 身份验证，可在“验证”里进行。

（4）在“连接”选项卡中有允许计算机当所配置的无线网络在有效区域中即自动连接，点“确定”。

（5）在第 2 步对话框中，在“高级”中指定无线网络类型，将“任何可用的网络”更改为“仅计算机到计算机”，并关闭“自动连接到非首选的网络”选项（见图 7）。

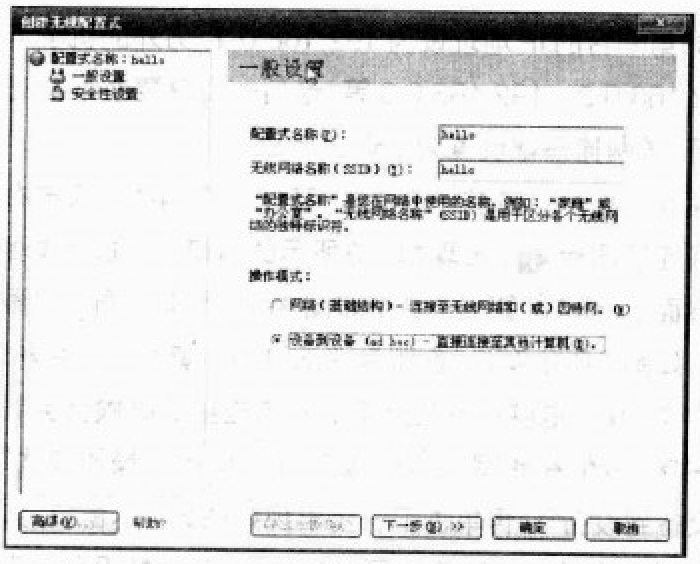


图5

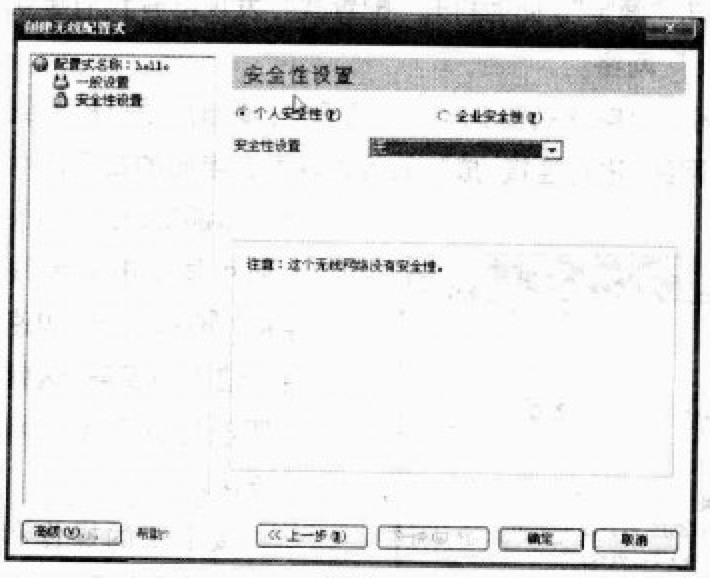


图6

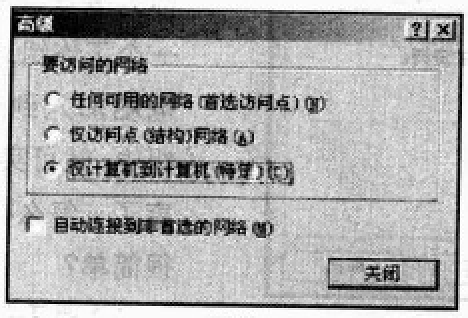


图7

配置好后，在另一台笔记本电脑右下角任务栏用鼠标右击无线网络连接状态图标，可以发现在弹出的“连接到无线网络”对话框中已经有了一个另一台我们设置的标志，本文里为“hello”的可用无线网络，选中它并在“允许我连接到选择的无线网络，即使它是不安全的”选项前打上“√”，然后点击“连接”按钮。这时，如果把鼠标指针指向任务栏上的无线网络连接状态指示图标，可以看到两台笔记本电脑无线连接的有关情况，如速度、信号强度等。

接下来也是建立工作组，和上述 1 一样。

3. 如果是两台电脑分别是图 1、图 2 所示情况，则只需在一台中设置，另一台连接即可。

4. 如果是台式机之间或者笔记本与台式机之间相连接，则台式机需要外接一个无线网卡，如TP-LINK的，带USB接口，市场价在100元左右。将驱动和管理软件安装好后，点“网上邻居－查看网络连接”，也会有“无线网络连接”图标，并同样有和笔记本类似的操作界面。

多台电脑之间连接的配置也类似，将一台作为主机，IP地址的最后一位不同。

提醒：如果还想同时上网，只要把接了网线的主机的宽带连接共享就可以了。操作过程为右击“网上邻居－属性”，右击“宽带连接－属性－高级”，把“Internet 连接共享－允许”复选框勾上就可以了。

另外如果你使用一个叫“闪联任意通”的软件。在两台电脑上都安装并进行IP设置以后，再建立网络，也可以快速建立连接，想同时上网的话直接在建立网络时勾选就行，免去了很多麻烦。

GSM模块
——实现远程控制的新锐

○ 文/徐玮 庄建清

什么是GSM

GSM是Global System for Mobile Communications的缩写，意为全球移动通信系统，是世界上主要的蜂窝系统之一。GSM是基于窄带TDMA制式，允许在一个射频同时进行8组通话，它于20世纪80年代兴起于欧洲，1991年投入使用。到1997年底，已经在100多个国家运营，成为欧洲和亚洲实际上的标准。到了2001年，全世界已有162个国家建设了400个GSM通信网络。但GSM系统的容量是有限的，在网络用户过载时，就不得不构建更多的网络设施。值得欣慰的是GSM在其他方面性能优异，它除了提供标准化的列表和信令系统外，还开放了一些比较智能的业务，如国际漫游等。GSM手机的方便之处在于它提供了一个智能卡，人们称之为SIM卡，并且机卡可以分离，这样用户更换手机并且定制个人信息等方面都十分便利。

GSM网络经过多年的发展完善，已经非常成熟，盲区少，信号稳定，自动漫游，通信距离不受周围环境影响。尤其是GSM短信息，灵活方便，可以跨市、跨省、甚至跨国传送，而且每发送一条短信息只要0.1元，非常可靠廉价。此外，目前手机SIM卡可以0元申请办理，某些套餐使用费用比固话还低。因此利用手机短信来实现报警、超远程遥控工业设备、传输数据是一个非常不错的选择。

什么是GSM模块

GSM模块，是一个类似于手机的通信模块，集成了手机的若干功能于一块小电路板上，它虽然体积小，但具备了很多手机的功能，如发送短消息、通话等，拥有它就等于拥有了手机的核心部分了。它在很多领域中都有着广泛的应用，通过使用AT指令才能控制GSM模块，它可以与电脑RS232串口相连，也可以用单片机进行控制。下面例举一些典型的应用：

1．手机控制的门禁系统

用GSM控制门禁系统的电控锁，用户需要进门时，只要用手机拨打GSM模块内手机卡号，门就会自动打开，并且只有用户设置的手机号码才能开门，而且没有任何费用产生。

2．三翻广告牌的灾害天气紧急关闭

三翻广告牌是通过电机实现不断翻转来显示多个广告内容，因为安装在室外，当出现大风、冰雹等灾害天气时，广告牌很容易被吹坏或者卡死损坏，这时需要紧急关闭，可以通过继电器常闭接点来控制广告牌的电源，这时用户只要发送“关闭”控制短信，广告牌就会自动关闭，延时一定时间后自动恢复正常工作（一般灾害性天气不会持续很长时间）。如果想提前打开广告牌，可以发送“打开”控制短信。

3．无人监控系统或者网站服务器的报警及复位

无人监控系统或者网站服务器经过长时间运行后可能会出错、死机，这时断电复位是唯一的解决方法，用户可以通过GSM模块控制系统的电源，并设置成打开3秒后自动关闭模式，可以实现断电复位，此外，GSM模块在一些特殊应用领域也起到了非常大的作用，如主电源消失、内存错误、散热风扇停机、燃油耗尽、有人入侵等各种信息，是无人机房监控的理想选择。

4．家电的远程控制

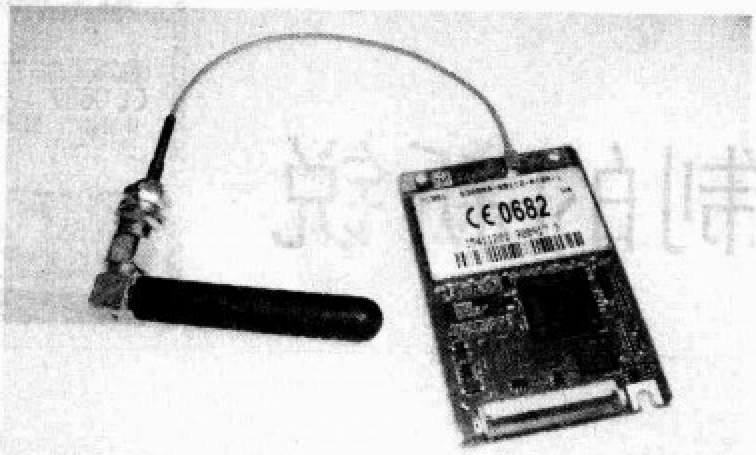
通过短信控制可以轻松实现远程打开电饭煲、热水器等家电，通过控制遥控器或切换到维修模式也能控制空调。

看完了GSM模块的一些应用举例，相信你一定对它有了非常大的兴趣了吧，由于当前市场上GSM模块产品型号众多，很多国外产品可用的资料却比较少，特别是中文开发文档比较少，所以，在此我们例举一些技术成熟、文档资料易找、

购买方便的GSM模块产品。它们分别是西门子的TC35i，明基BENQ M22，傻瓜式GSM模块JB35GD等，下面我们就一起来看一下市面上常见的几款GSM模块。

TC35i

1.性能及参数



TC35i模块是一款支持中文短信息的工业级的新版GSM模块，工作在EGSM900和GSM1800双频段，电源范围为直流3.3～4.8V，休眠状态电流消耗为3.5mA，空闲状态为25mA，发射状态为300mA(平均)，峰值为2.5A；可传输语音和数据信号，功耗在EGSM900(4类)和GSM1800(1类)分别为2W和1W，通过接口连接器和天线连接器分别连接SIM卡读卡器和天线。SIM电压为3V/1.8V，TC35i通过AT命令可双向传输指令和数据，可选波特率为300bit/s～115kbit/s，自动波特率为1.2～115kbit/s。它支持Text和PDU格式的SMS(Short Message Service，短消息)，可通过AT命令或关断信号实现重启和故障恢复。

TC35i由供电模块(ASIC)、闪存、ZIF连接器、天线接口等6部分组成。作为TC35i的核心基带处理器主要处理GSM终端内的语音和数据信号，并涵盖了蜂窝射频设备中的所有模拟和数字功能。

2.硬件设计

TC35i模块有40个引脚，通过一个ZIF(Zero Insertion Force，零阻力插座)连接器引出。这40个引脚可以划分为5类，即电源、数据输入/输出、SIM卡、音频接口和控制。

TC35i的第1～5引脚是正电源输入脚，通常推荐值为4.2V，第6～10引脚是电源地。11、12为充电引脚，可以外接锂电池，13为对外输出电压(供外电路使用)，14为ACCU-TEMP接负温度系数的热敏电阻，用于锂电池充电保护控制。

15脚是启动脚IGT，系统加电后为使TC35i进入工作状态，必须给IGT加一个大于100ms的低脉冲，电平下降持续时间不可超过1ms。

16～23脚为数据输入/输出，分别为DSR0、RING0、RxD0、TxD0、CTS0、RTS0、DTR0和DCD0。TC35i模块的数据输入/输出接口实际上是一个串行异步收发器，符合ITU-T RS232接口标准。它有固定的参数：8位数据位和1位停止位，无校验位，波特率在300bit/s~115kbit/s之间可选，默认9600。硬件握手信号用RTS0/CTS0，软件流量控制用XON/XOFF，CMOS电平，支持标准的AT命令集。

其中18脚RXD、19脚TXD为TTL的串口通信脚，可以方便地和单片机进行通信。

TC35i使用外接式SIM卡，24～29脚为SIM卡引脚，SIM卡同TC35i是这样连接的:SIM上的CCRST、CCIO、CCCL、CCVCC和CCGND通过SIM卡阅读器与TC35i的同名端直接相连，ZIF连接座的CCIN引脚用来检测SIM卡是否插好，如果连接正确，则CCIN引脚输出高电平，否则为低电平。

TC35i的第32脚SYNC引脚有两种工作模式，一种是指示发射状态时的功率增长情况，另一种是指示TC35i的工作状态，可用AT命令AT+SYNC进行切换，本模块使用的是后一种。当LED熄灭时，表明TC35i处于关闭或睡眠状态；当LED为600 ms亮/600ms灭时，表明SIM卡没有插入或TC35i正在进行网络登录；当LED为75 ms亮/3s熄时，表明TC35i已登录进网络，处于待机状态。

30、31、32脚为控制脚，其中30脚为RTC backup，31脚为Power down，32脚为SYNC。

35～38脚为语音接口，35、36脚接扬声器放音。37、38脚可以直接接驻极体话筒来采集声音(37脚是话筒正端，38脚是话筒负端)

3.开发技巧

模块的供电电压如果低于3.3V将会自动关机。模块在发射时，电流峰值可高达2A。在此电流峰值时，电源电压(送入模块的电压)下降值不能超过0.4V。所以该模块对电源的要求较高，电源的内阻+FFC联接线的电阻必需小于200mΩ。

单片机通过两根I/O口控制TC35i的开关机、复位等，通过串口与TC35i进行数据通信，通信速率为9600kbit/s，采用8位异步通信方式，1位起始位，8位数据位，1位停止位。

TC35i模块输入、输出的TTL正电平逻辑不是+5V，而是+2.9V，因此必要时需加端口保护。

JB35GD

常见的家庭防盗报警器都是通过电话线拨号报警的，然

而固定电话配线箱一般都集中放置在居民楼的楼道里，如果小偷入室以前先打开配线箱把电话线破坏了，系统就不可能报警了。如果采用JB35GD开发家庭GSM防盗报警器，就完全可以避免被破坏的可能，大大增加了报警器的可靠性和安全性。

用JB35GD开发汽车GSM报警器，直接把车辆报警短信发到用户的手机里，可以在全球任何一个角落监控你的汽车，彻底解决你在高层住宅楼上或商场内听不到车辆报警声音的问题。还能用手机远程遥控被盗汽车断油、断电。利用手机SIM卡的基站定位功能还能大致确定被盗汽车的位置。利用JB35GD向外发短信或拨打电话报警，可以做到现场无任何声音，彻底解决汽车停在住宅小区内报警噪声扰民的问题，真正做到绿色环保。

JB35GD系列短信模块有以下一些特点：

1.模块可以直接驱动8路继电器。8路继电器可以用短信遥控、短信定时遥控、DTMF遥控、振铃遥控来控制。

2.具有短信遥控结果回传功能。模块在收到遥控短信后，能把控制结果再以短信的形式回传。

3.设有来电号码过滤器，拒绝非法手机遥控模块继电器，使你的手机具有遥控“身份证”的作用。

4.模块的设计思路以人性化为本，以直观的中文作为短信遥控指令和报警短信内容，且用户可自定义。

5.模块内可以预先存入20条报警短信内容和发送手机号，可以在有线或无线传感器的触发下对应发送。

6.12个无线报警防区（需在JB35G的扩展管脚上增配315M解码接收板）。

7.8个有线报警防区，采用上下沿跳变触发报警，适合接任何形式的传感器。

8.每路有线和无线报警防区触发后，能同时向6个手机发送报警短信、向6个手机拨打报警电话。

9.报警短信内容和号码的设置可以用电脑软件改写，也可以用手机发短信来改写。

10.设防/解防控制脚，通过外接高、低电平来控制12个无线防区和8个有线防区的设防、解防。

11.可以通过手持遥控器对模块进行设防、解防、半设防、禁止解防（需增配315M接收板和遥控器）。

12.可以通过短信和电话控制模块进行设防、解防。

13.可以通过短信定时遥控功能，实现每天几点几分自动设防，几点几分自动解防。

14.支持语音通话功能，可以用模块开发车载电话。

15.报警后可以监听环境声音。

16.智能化RS232、TTL串口，既能传送数据，又能把计算机文本发送给普通手机阅读。

17.来电显示号码可以通过串口输出。

18.电源采用12V直流供电，兼容汽车供电系统。

19.具有免话费的振铃遥控功能。通过拨打电话时的来电显示和振铃声的触发下，使继电器的状态翻转。

20.JB35GD增配短信测量A/D转换板，就能把现场采集测量到的5路温度数据和8路电压测量数据以短信的形式发到用户的手机上，实现远程漫游监测。

JB35GD短信模块是一个由GSM模块加上单片机组成的一个控制系统。GSM或CDMA手机模块主要是用来建立无线信道，并接收和发出短消息。单片机系统用来控制手机模块，并且对收到的短消息信息进行解释并执行。单片机控制板采用双CPU模式，使系统能同时处理多项任务，采用独立时钟的看门狗电路，防止软件死机。由MT8870负责双音频解码，完成DTMF通话遥控，MAX232完成和计算机的RS232通信，CD4094完成输出串行转并行的八路隔离驱动继电器。

该模块体积非常小巧，没有设计话筒插座，但是板上预留了接口，模块上21～25脚的含义是：21、22脚接驻极体话筒，23、24脚接32Ω左右的扬声器，25脚是地。

使用时接通12V直流稳压电源，如果驱动8只继电器，则必须保证稳压电源的输出电流≥1000mA，变压器功率≥10W。

总结

除了上述几款GSM模块，我们还可以看到的模块有：Wavecom的GSM（Mo3、Mo2），爱立信的DM10/DM20、GM22/GM25,GM47/48等，中兴的ZXGM18,ZXGM28。Motorola的d10、d15。有兴趣的读者可以从网络上了解相关信息。

BenQ是最便宜的GPRS模块而且带TCP/IP协议栈。在工业及车载的高可靠性应用领域西门子是第一选择，一般工业及车载应用且对成本较敏感，可以用Wavecom的。普通环境及成本高度敏感的，建议用BenQ的。另外在选择GPRS数据通信时要注意是否需要内嵌TCP/IP协议栈，这亦影响品牌及型号的选择，GPRS外置Modem一般仅是GPRS模块+SIM卡+电源变换+RS232接口及简单的控制电路组成，嵌入式应用最好直接用模块，桌面应用可以考虑采用成品外“猫”，原装进口价也就1000多。嵌入式应用选模块时，若仅使用SMS及语音，西门子的TC35i是不错的选择，若使用GPRS数据通信，最好选带协议栈的模块，低端可选BenQ的模块如M22。

2款经典的太阳能路灯控制器

○ 文/张晓光 刘松森

太阳能是“第一个”被人们实际应用的绿色、环保、可再生的洁净型能源，已经逐步深入到了我们的身边，太阳能景观灯、草坪灯、庭院灯、路灯的应用面及普及率也正与日俱增，很多城市的美化、亮化工程已经用上了太阳能。太阳能光伏发电正在快速地渗透到我们每个人的生活中。为了与广大《无线电》读者共同交流、学习太阳能光伏发电应用系统知识，了解太阳能路灯照明系统的构成、原理，加深对太阳能光伏发电系统应用技术的普及、认识，提高电路设计水平，活用、善用电路设计理念，特将我们设计的两款太阳能路灯控制器献给《无线电》读者。

一、纯硬件太阳能路灯控制器

主要功能

● 具有蓄电池过充电、过放电控制功能：过充电停充控制电压值为14.4V，过放电控制停止放电电压值为10.8V。

● 路灯开灯点调节控制功能：通过开灯点调节控制电位器RP1可一次性调节设定路灯的点亮。

● 路灯点亮时间控制功能：可通过调节RP2控制路灯的点亮时间，控制范围2~12小时。

● 路灯熄灭时间控制功能：可通过调节RP3控制路灯的熄灭时间，熄灭时间控制范围2~12小时。这一功能主要用于路灯在最有效的时间范围内点亮路灯。例如：让路灯晚上6时点亮，10时熄灭，次日早上5时再次点亮，天亮后自动熄灭。调节设置方法如下：

1. 在晚上6时调节RP1让路灯点亮；
2. 调节RP2，让路灯点亮4小时；
3. 调节RP3让路灯熄灭7小时。

● 蓄电池电压指示功能：当蓄电池电压分别高于10.5V、11.5V、12.5V、13.5V时，LED7、LED6、LED5、LED3分别点亮。

● 控制器输出电流：> 10A（取决于JDQ1的触点电流）。

● 控制系统状态LED指示功能：具有太阳能充电指示、路灯点亮指示、路灯熄灭指示、蓄电池电压指示。

● 天亮自动熄灭路灯优先控制功能。

● 过放电优先切断负载控制功能。

● 控制器工作电流：<50mA。

工作原理

电路原理如图1所示，包括以IC5（NE555）为核心部件组成的蓄电池过充电控制电路，以IC4A~IC4D（LM324）为核心部件组成的蓄电池电压指示电路及显示电压按钮开关S1，以IC1B（LM358）组成的蓄电池过放电控制电路，以IC1A组成的开灯检测、控制电路，以IC2组成的开灯及延时熄灯、二次开灯定时、控制电路，及以控制三极管VT2驱动继电器组成的输出控制电路。现分别介绍如下。

1.过充电、过放电检测保护部分

太阳能电池组件板或阵列由插口CZ1的1脚输入加至防反充电二极管VD2的正极，VD2的负极接12V蓄电池的正极，即CZ1的3脚。控制器在初始上电时，由于电解电容器C4的作用使IC5的2脚为低电平；3脚输出高电平；其7脚呈开路状态（555时基电路其7脚输出状态为OC门电路）对电路无影响，VT7导通；VT8截止，允许太阳能电池给蓄电池充电。当蓄电池所充的电压小于14.4V时，由R13、(R38+R39)组成的串联分压电路中，将在IC5的2、6脚分得的电压小于2/3 IC5的供电电压，即小于6V，电路维持充电状态，随着充电的延续蓄电池电压是增高的，当该电压高于设定值时，IC5的2、6脚分得的电压大于2/3 IC5供电电压，此刻电路状态翻转，IC5的3脚输出低电平，导致VT7截止、VT8导通，给

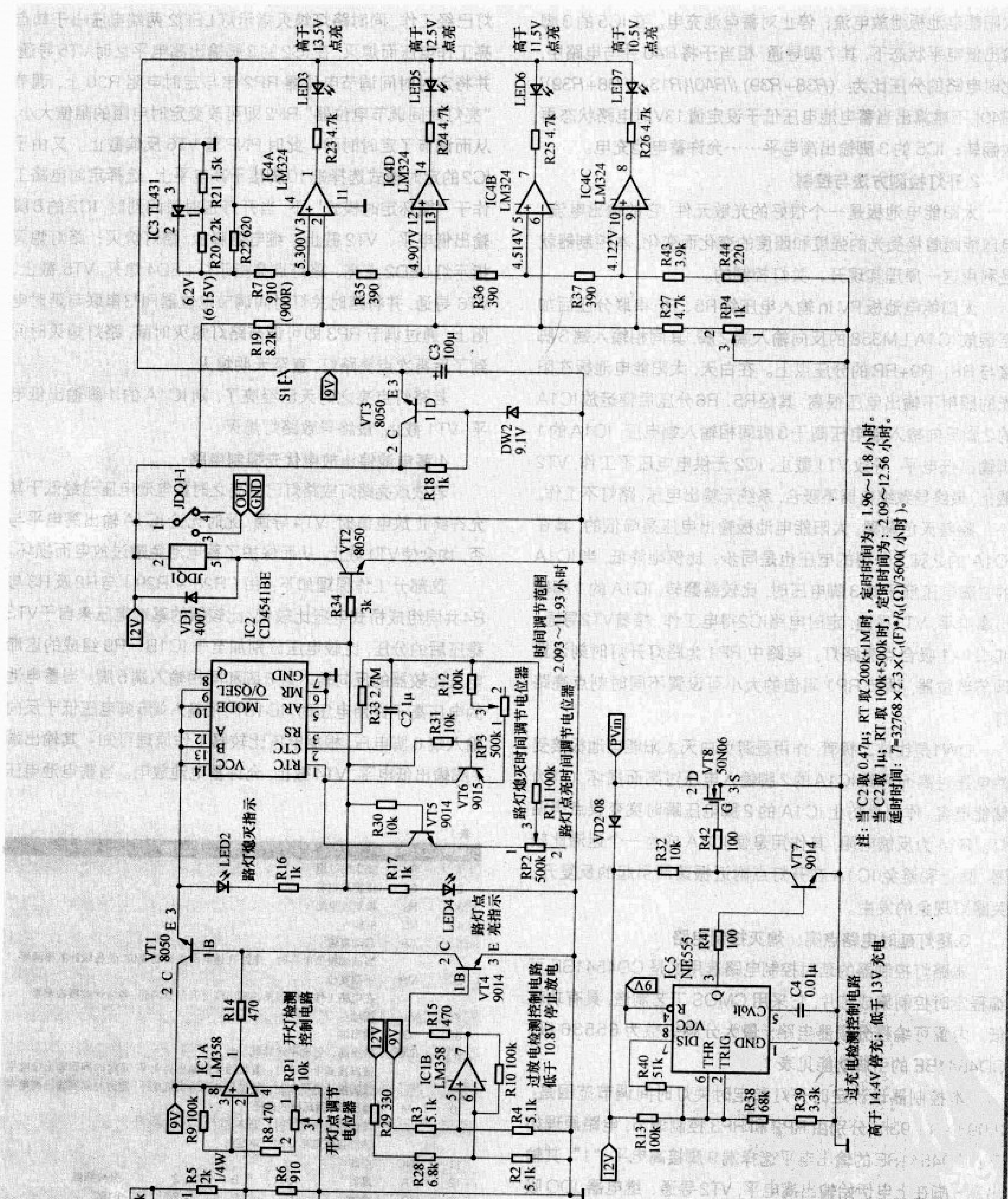

高于13.5V点亮
高于12.5V点亮
高于11.5V点亮
高于10.5V点亮
IC3 TL431
IC4A LM324
IC4D LM324
IC4B LM324
IC4C LM324
5.300V
4.907V
4.514V
4.122V
6.2V (6.15V)
R7 910 (900R)
VT3 8050
DW2 9.1V
JDQ1-1
VT2 8050
IC2 CD4541BE
时间调节范围 2.093～11.93小时
路灯熄灭时间调节电位器
路灯点亮时间调节电位器
路灯熄灭指示
路灯点亮指示
VT1 8050
IC1A LM358
开灯检测控制电路
开灯点调节电位器
IC1B LM358
VT4 9014
过放电检测控制电路 低于10.8V停止放电
VT8 50N06
VT7 9014
IC5 NE555
过充电检测控制电路
高于14.4V停充；低于13V充电
CZ1 CON6
注：当C2取0.47μ；RT取200k+1M时，定时时间为：1.96～11.8小时。
当C2取1μ；RT取100k+500k时，定时时间为：2.09～12.56小时。
延时时间：T=32768×2.3×C_t(F)*R_t(Ω)/3600(小时)。

图1

太阳能电池板泄放电流；停止对蓄电池充电。在IC5的3脚输出低电平状态下，其7脚导通，相当于将R40并与电路中，此时电路的分压比为：$(R38+R39)//R40/\{R13+(R38+R39)//R40\}$，不难算出当蓄电池电压低于设定值13V时电路状态再次翻转；IC5的3脚输出高电平……允许蓄电池充电。

2.开灯检测方法与控制

太阳能电池板是一个很好的光敏元件，它的输出电流、电压能随着接受光的强度和照度的变化而变化，本控制器就是利用这一原理实现开、关灯控制的。

太阳能电池板PV in输入电压经R5、R6串联分压后加至运放IC1A LM358的反向输入端2脚，其同相输入端3脚接与R8、R9+RP的分压点上。在白天，太阳能电池板在阳光的照射下输出电压很高，其经R5、R6分压后使运放IC1A的2脚反向输入端电压高于3脚同相输入端电压，IC1A的1脚输出低电平，导致VT1截止，IC2无供电电压不工作，VT2截止，最终导致继电器不吸合，系统无输出电压，路灯不工作。

随着天色渐黑，太阳能电池板输出电压是降低的，其在IC1A的2脚上分得的电压也是同步、比例地降低，当IC1A的2脚电压低于其3脚电压时，比较器翻转，IC1A的1脚输出高电平，VT1导通，定时电路IC2得电工作，接着VT2导通、JDQ1-1吸合点亮路灯。电路中RP1为路灯开灯时刻设置调节电位器，调节RP1阻值的大小可设置不同时刻点亮路灯。

DW1是钳位二极管，作用是避免白天太阳能电池板接受的电压过高而导致IC1A的2脚输入电压过高而损坏，C1为储能电容，作用是防止IC1A的2脚电压瞬时突变误点亮路灯。R14为反馈电阻，其作用是使IC1A成为一个迟滞比较器，防止和避免IC1A在开灯点附近振荡而引起的反复开、关路灯现象的发生。

3.路灯延时电路点亮、熄灭控制电路

本路灯控制器的延时控制电路选用的是CD4541BE可编程定时控制集成芯片，它采用CMOS工艺制造，具有功耗低，内置可编程分频器电路，最大分频级数为65536级。CD4541BE的引脚功能见表1。

本控制器设计定时开灯和定时关灯时间调节范围是：2.093~11.93h，分别由RP2和RP3控制调节，电路原理如下：CD4541BE的输出电平选择端9脚接高电平“1”，其输出端8脚在上电伊始输出高电平，VT2导通、继电器JDQ吸合，路灯开始点亮，同时芯片内部计数器开始计数延时。本延时电路延时级数选择端B（13脚）、A（12脚）分别接于高电平1，故有最大分频级数为65536级，由CD4541BE的延时计算式$T_{延时}$不难算出上述延时时间。在IC2的8脚输出高电平时，路灯点亮；指示灯LED4得电正向导通点亮，表示路灯已经工作，同时路灯熄灭指示灯LED2两端电压小于其点亮工作电压而熄灭，在IC2的8脚输出高电平之时VT5导通，并将定时时间调节电位器RP2串与定时电阻R30上，调节“亮灯时间调节电位器”RP2即可改变定时电阻的阻值大小，从而调节了定时时间；此时PNP管VT6反偏截止。又由于IC2的定时模式选择端10脚接于高电平上，选择定时电路工作于“循环定时模式”下，当开灯定时时间到时，IC2的8脚输出低电平、VT2截止、继电器释放，路灯熄灭；路灯熄灭指示灯LED2点亮、路灯点亮指示灯LED4熄灭，VT5截止、VT6导通，并将延时关灯时间调节电位器RP3串联与延时电阻上，通过调节RP3即可调节路灯熄灭时间，路灯熄灭时间到了后再次点亮路灯，直至天明熄灭。

若路灯点亮之时天已经亮了，则IC1A的1脚输出低电平，VT1截止，最终导致路灯熄灭。

4.蓄电池停止放电优先控制电路

若欲点亮路灯或路灯已点亮之时蓄电池电压已经低于其允许终止放电值时，VT4导通，此时无论IC1A输出高电平与否，均会使VT1截止，从而保护了蓄电池免遭过放电而损坏。

这部分工作原理如下：由（R28＋R29）与R2及R3与R4共同组成桥式电压比较臂，比较器的基准电压来自于VT3稳压后的分压，比较电压分别加至于IC1B、R9组成的迟滞电压比较器的反向输入端6脚和同相输入端5脚。当蓄电池的电压高于许用电压时，IC1B同相输入端5脚电压低于反向输入端6脚电压，根据电压比较器工作原理可知：其输出端7脚输出低电平，VT4截止，允许蓄电池放电。当蓄电池电压

表1

引脚号	表示符号	功能				
1	R_{tc}	接定时电阻				
2	C_{tc}	接定时电容				
3	Rs	接泄放电阻				
4	NC	空脚				
5	AR	自动复位				
		当该脚接低电平时：电路在通电伊始自动复位，使各级计数器清零				
6	MR	手动复位				
		在电路工作期间如果该脚出现上升沿脉冲时，各级计数器被清零				
7	Vss	接地				
8	Q	输出端				
9	Q/$\bar{Q}$	输出高、低电平选择端				
		该脚接高电平1时：复位后8脚输出高电平，定时时间到输出低电平				
		该脚接低电平0时：复位后8脚输出低电平，定时时间到输出高电平				
10	M	输出单/循环模式选择				
		该脚接高电平1时：循环定时				
		该脚接低电平0时：单定时				
11	NC	空脚				
12	A	延时	A	B	2^n	分频级数
13	B	级数	0	0	2^{13}	8192
		选择	0	1	2^{10}	1024
			1	0	2^8	256
			1	1	2^{16}	65536
14	V_{DD}	正电源				
		工作电压：5~15V　极限工作电压：18V				

CD4541BE的延时计算式为：$T_{延时}=2^{n-1}\times 2.3\cdot R_{tc}\cdot C_{tc}$。

式中：R_{tc}、C_{tc}的量纲分别是欧姆、法拉。上式的适应条件是：$1kHz\leq f\leq 100kHz$，且$R_s\geq 10k\Omega$；$R_s\geq R_{tc}$。

低于许用放电电压时，IC1B的反向输入端6脚的电压低于其同相输入端5脚的电压，其输出端7脚输出高电平，从而导致VT4导通，使VT1的B极接地，停止蓄电池放电。

5.电池电压指示电路

为了能让现场看管和维护人员及时了解、掌握蓄电池的状态，本控制器设计有LED电池电压指示装置，通过LED发光二极管点亮的数量指示出蓄电池电压的高低。电路原理及构成如下：集成运算放大器LM324内部集成有4个独立的运算放大器，电路中用其作电压比较器。将各个运算放大器的反向输入端接于由R19与R27+RP4组成的串联分压电路中，当12V蓄电池电压变化时各个运放的反向输入端电压即随之变化，运放的同相输入端接于由IC3、R20、R21共同组成的6.2V基准电压源上，并通过串联分压电阻阵列R7、R35、R36、R37、R38、R43+R44将各分压分别接于IC4A、IC4D、IC4B和IC4C的同相输入端，它们的输出端1、14、7、8脚输出低电平，LED3、LED5～7点亮，对应指示出蓄电池电压13.5V、12.5V、11.5V和10.5V。为了节省能源，整个指示电路工作与否是由按钮开关S1控制的：将按钮开关按下，电路工作，指示出当前蓄电池电压；按钮放开，指示电路停止工作，达到了待机不耗能的设计理念。

电路调试

由于电子元器件存在着离散性，制作中发现NE555时基电路的实际状态转换点，也即1/3 · V_{CC}与2/3 · V_{CC}状态的翻转跳变点并不是严格遵循理论值，可通过调节电阻R13来实现14.4V的过充电控制（我们在实际生产中将R13的电阻由设计的100kΩ换为120kΩ即可达到实际要求）。同理，通过调节RP4可将蓄电池指示电压校准。

二、用单片机制作的太阳能路灯控制器

主要功能

● 12V/24V蓄电池电压自动识别控制功能。

● 蓄电池过充电、过放电控制功能：过充电停充控制电压值为14.4V，过放电控制停止放电电压值为10.8V。对于用24V蓄电池供电的系统上述电压值翻倍。

● 蓄电池过放电恢复放电功能：恢复电压11.8V。

● 路灯点亮测试功能：通过按键控制路灯点亮，2分钟自动退出。在此功能下若是天黑了则自动进入路灯点亮程序，并且软件自动记忆此参数，次日即在此状态下点亮路灯。

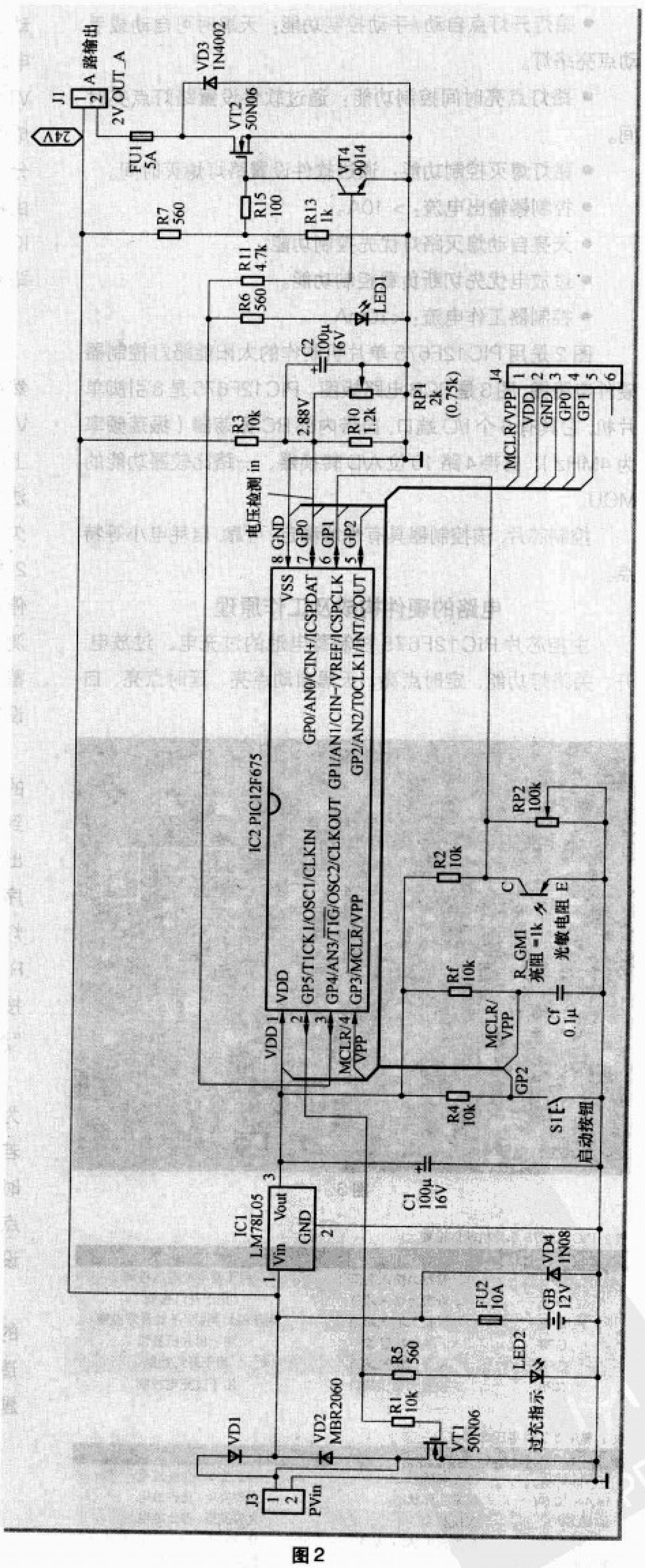


图2

● 路灯开灯点自动/手动控制功能：天黑时可自动或手动点亮路灯。

● 路灯点亮时间控制功能：通过软件设置路灯点亮时间。

● 路灯熄灭控制功能：通过软件设置路灯熄灭时间。

● 控制器输出电流：> 10A。

● 天亮自动熄灭路灯优先控制功能。

● 过放电优先切断负载控制功能。

● 控制器工作电流：<10mA。

图2是用PIC12F675单片机制作的太阳能路灯控制器硬件电路图，图3是PCB电路板图。PIC12F675是8引脚单片机，它具有6个I/O端口，自带内部RC振荡器（振荡频率为4MHz）、自带4路10位A/D转换器、一路比较器功能的MCU。

控制芯片，该控制器具有性能稳定、可靠，自耗电小等特点。

电路的硬件构成及工作原理

主控芯片PIC12F675控制蓄电池的过充电、过放电，开、关路灯功能、定时点亮、天黑自动点亮、延时点亮、自动跟踪点亮功能，路灯点亮测试控制功能，LED指示功能等。电路构成是以蓄电池GB、蓄电池过充电控制执行场效应管VT1、三端稳压器IC1组成的电源供电系统，以VT2、VT4组成的放电控制，S1手动、R_GM1光控自动开灯系统，蓄电池分压电阻，发光指示二极管等部分组成。太阳能电池板电压由接口J3输入，经防反充二极管VD1后分成两路，一路经IC1 LM78L05稳压后供PIC12F675单片机作工作电源，另一路经FU2保险丝给蓄电池充电。

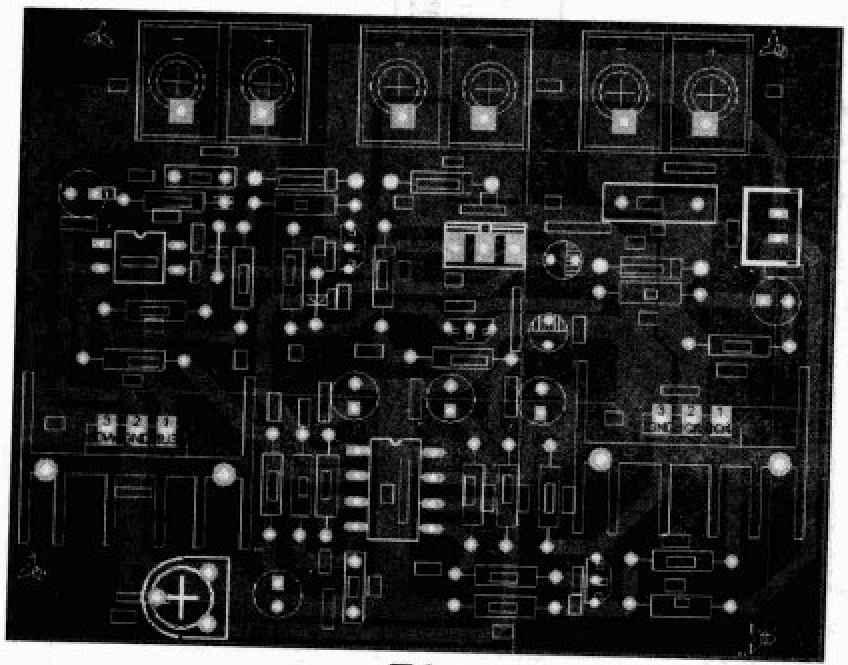


图3

表2 PIC12F675单片机端口设置

单片机端口	端口设置状态	端口用途
GP0	设置为输入端口	用于蓄电池电压检测
GP1	设置为输入端口	用于开灯检测
GP2	设置为输入端口	用于路灯测试/手动开灯控制
GP3	单片机复位	用于单片机复位
GP4	设置为输出端口	用于开灯控制
GP5	设置为输出端口	用于过充电控制

表3 蓄电池工作电压设置

蓄电池电压（V）	蓄电池状态	控制器状态
≥14.4V	过充电状态	停止充电，允许放电
14.4～10.8V	正常工作状态	允许充电，允许放电
≤10.8V	欠压状态	允许充电，停止放电
≤10.8V后，电压再次回升时	恢复充电状态，从10.8～12V	允许充电，停止放电，待电压恢复后允许放电

软件设计思想

单片机上电后首先由Rf、Cf通过GP3的4脚进行复位，然后由软件控制IC2的3脚GP4输出高电平，让VT4导通、VT2截止，控制系统停止放电。其次再检测IC2的7脚GP0上的分压值，通过单片机内部的A/D转换功能及软件运算方法间接检测、判断蓄电池电压，确定是12V还是24V、有否欠压、过压，若蓄电池发生了过充电，则通过软件控制IC2的2脚GP5输出5V高电平，控制VT1导通，短路太阳能电池板、停止向蓄电池充电，同时点亮“过充电”指示灯LED2。若检测结果未发生过充电，则IC2的2脚GP5输出低电平，允许蓄电池充电。表3为12V电压供电系统时的蓄电池工作电压设置，24V系统应将该值乘以2。

通过检测IC2的6脚GP1上所接的光敏电阻R_GM1上的分压值，用以判断是否已经“天黑，到了开路灯时间了”，若到了预设置的开灯“点”：则由软件控制IC2的3脚GP4输出低电平，让VT4截止、VT2导通，点亮路灯。若不是，则程序返回，循环检测上述诸参数，控制是否开灯。S1是手动开灯按钮，按下S1，路灯点亮，然后单片机通过检测光敏电阻R_GM1上的分压值，判断此刻是否是“黑天”，若是黑天，则按软件程序设计要求点亮路灯，否则，单片机进入路灯控制器“测试”功能：2分钟后路灯自动熄灭。

注意：由于单片机程序设计十分灵活，故这里用“点”作为开灯标记符，这个点可以是时间，也可以是天黑的“程度”。若要定义的是时间，可以让路灯从此时开始计时，点亮若干小时后熄灭；若要是天的黑度，可以让路灯到了此黑度后开始点亮，此后即可计时熄灭也可判别天亮后熄灭。一切由软件设计人员抉择。

太阳能光伏发电以及照明系统已逐渐遍及祖国各大城市的美化、绿化、亮化环境之中，怎样更好地让太阳能为人类造福是广大电子工程技术人员、无线电爱好者重点研究的课题之一。

五花八门流水灯

LED动感广告牌

文 / 张晓光

广告招牌、饭店幌子是商家、店铺的重要标识物，它的形式、结构及其新颖性往往是吸引顾客、招揽生意的有效手段之一。本广告牌选用LED（发光二极管）作为发光体，其发光颜色可根据使用者的偏好选择。LED广告牌具有节能、发光亮度高、动感十足、寿命长、成本低等特点，字体发光顺序和发光形式可任意设计，可按我们的意愿顺序发光，只要你的想象花样百出，它就能使你的招牌大放异彩。

本文介绍的LED动感广告牌采用PIC12F629（或PIC12FXX、12C系列其他型号）中档系列8引脚单片机制作。PIC12F629单片机总共只有8个引脚，却有5个引脚可供我们作I/O口使用，每个I/O引脚都可设计成独立的输入或者输出引脚。对于系统时钟要求不高的应用场合，为了降低使用成本、简化电路设计，该系列PIC单片机还设计有内部RC（4MHz）振荡器作为单片机的系统时钟，可谓精简之极。本设计就是用PIC12FXX单片机内部的RC振荡器工作的，与MCS-51系列单片机相比，减少了石英振荡晶体部分电路，使得电路设计、制作更加简易，成本更加低廉，性能稳定可靠，显示效果颇佳。

1.显示效果

以显示图1所示“食品百货”4个字为例，首先点亮“食”字，然后延时一定时间点亮“品”字，这时可以看到LED显示点亮的“食品”二字，再延时一段时间点亮“百”字，可以看到点亮显示的“食品百”3个字，又延时一定时间点亮“货”字，最终可以看到点亮显示的“食品百货”4个字。在显示“食品百货”的时间内，外框的LED可以是一直点亮的，当“食品百货”4个字全部点亮后，可以让外框LED闪烁点亮，外框闪烁6次后字体全部熄灭，在字体熄灭期间外框的LED仍然闪烁发光。延时后进行下一轮按另一种花样点亮“食品百货”字体，如让每个字体闪烁点亮后常亮，再让下一个字体闪烁3次后常亮……由于PIC12F629单片

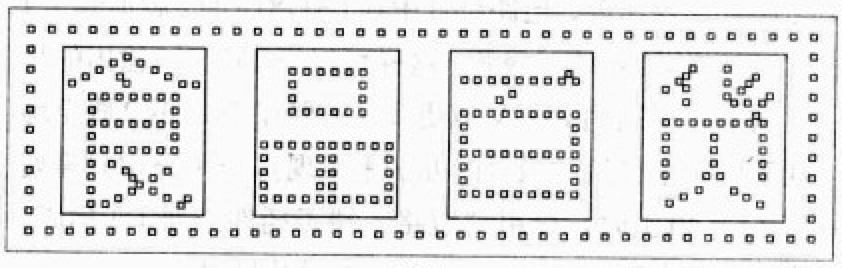


图1

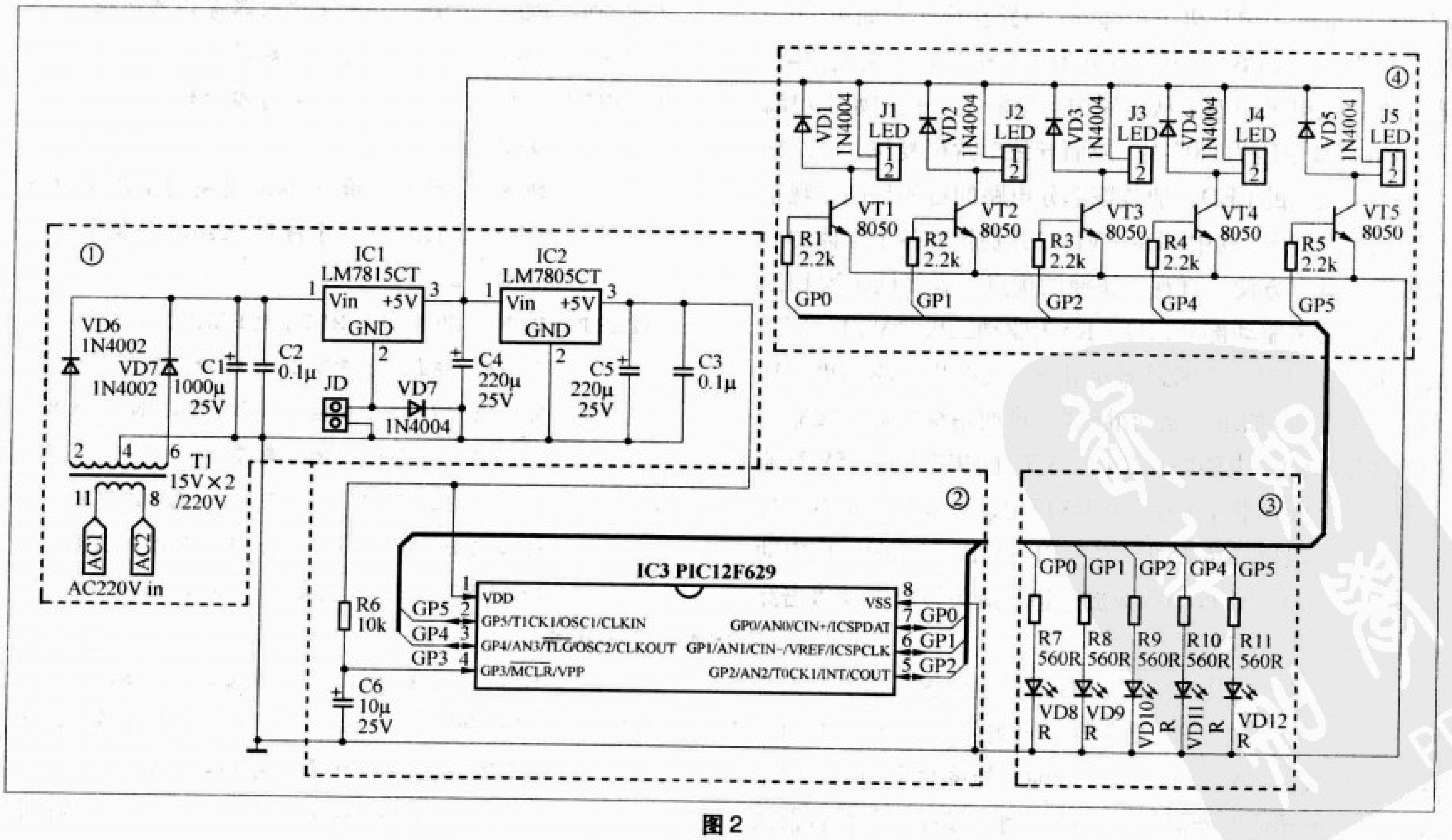


图2

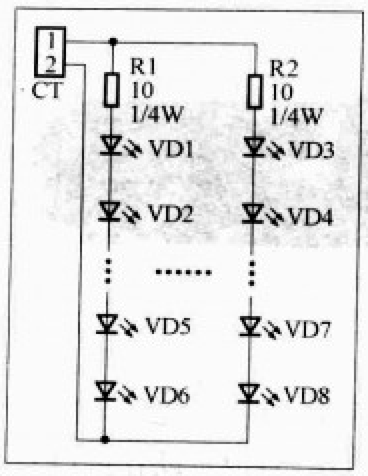


图3

机有1024个字的程序存储器单元，加之单片机程序设计十分灵活，只要你勤奋，肯动脑，富于想象力，它就可以按着你的意愿不断变换花样显示。

2.硬件电路原理

硬件电路分为主控电路和LED字体拼装电路两部分，分别如图2、图3所示。

图2电路由4个组成部分，如图中虚线框内①～④所示。①为电源供给部分：该部分由电源变压器T1，全波整流二极管VD6、VD7，滤波电容C1～C5，集成三端稳压器LM7815、LM7805共同组成，其作用是向整机提供工作电能。T1将220V交流市电变换成双15V交流电压，经VD6、VD7全波整流、C1滤波后得到20V左右的直流电压输入到LM7815的1脚，经稳压后成为15V直流电压，并从LM7815的3脚输出作为供给LED字体显示部分的电源，考虑到字体显示电路LED驱动三极管VT1～VT5存在导通压降，电路设计中在LM7815的2脚加装了1只1N4004作为垫枕二极管，这样可以将LM7815输出的稳压值从15V提高到15.7V或更高（需要在7815的2脚至地之间串联多个整流二极管的办法来实现），当电路中只需要直流15V电压时，可用“短路”端子插件连通JD插脚，U2LM7805为5V稳压电源，主要是给单片机提供工作电压。虚线框②部分为单片机主控部分，电路构成十分简单，IC3为单片机PIC12F629，R6、C6为单片机外置上电复位阻、容元件，低电平使能。从电路中可以看出，在初始上电瞬间，C6两端电压为“0”V，故而导致单片机复位。虚线框③为电路板上的LED，加装该部分电路的目的是便于观察程序运行的情况，其中VD8～VD12分别代表各个字体的显示效果，具有方便、直观、快捷的优点。虚线框④为LED字体显示功率驱动部分，R1～R5为驱动三极管VT1～VT5的基极偏流电阻，考虑到部分用户可能要用于驱动更大功率的显示器件，如用于驱动继电器，进而用继电器直接驱动220V交流负载，电路中在VT1～VT5的集电极至15V直流电源正极之间加装了VD1～VD5反电动势泄放二极管，目的是当驱动电感性负载时，在VT1～VT5截止时，反电动势能通过VD1～VD5构成泄放通道，避免该反电动势击穿VT1～VT5驱动三极管。

图3是一个拼装字形的LED连接电路图。由于个人喜好不同，实际应用中可能要选用不同颜色、不同型号的LED做广告牌。不同颜色的LED其导通管压降是不同的，由于LED属于半导体发光器件，生产、制作过程中存在着很大的离散性，即使是相同颜色，不同厂家、不同型号和批次的LED其导通压降也各有差异，故LED的导通压降要在实际制作中测得。为了防止LED在使用中过流烧毁，或由于使用中发生意外过压导致LED损毁，电路中在LED各支路上均串有限流电阻，如图3中的R1、R2。工作时LED各支路电流以限制在20mA内为佳，超过20mA时，其亮度对人的主观视觉增加量已经不大，但使用寿命却急剧降低，制作中应引起足够的重视。

图1为LED发光广告字体拼装参考图。关于拼装字体、字型的大小、样式、结构、形式的协调与否，背底颜色、图案的搭配恰当与否可根据个人的偏好、审美观、艺术细胞、艺术修养、制作技能、技巧所决定，可谓“仁者见仁、智者见智”了，本图示只作为抛砖引玉。

1.软件程序设计

PIC单片机具有较强的端口驱动能力，每个I/O端口可驱动的灌电流和拉电流均为25mA。本电路设计为单片机各I/O端口高电平使能，也即在单片机I/O端口输出高电平时点亮LED。

程序设计思路：主程序设计以顺序程序结构为主。首先初始化单片机，引用头文件，设计输出端口，设计主程序，设计延时程序，程序结束。

参考程序如下：

```
        LIST P=PIC12F629;选择单片机型号
        #INCLUDE  <P12F629.INC>;引用头文件
CMCON   EQU  19H  ;定义比较器寄存器地址
COUNT1  EQU  20H  ;自定义延时变量
COUNT2  EQU  21H  ;存放寄存器地址
        ORG  0    ;
        NOP  ;放置一条MPLAB需要的空跳转指令
        GOTO START;程序转到START处执行
        ORG  20
START   BCF  STATUS,RP0;选BANK0
        CLRF GPIO ;清零I/O端口
        MOVLW07H  ;置数07H到CMCON寄存器
        MOVWFCMCON;关闭比较器
        BSF  STATUS,   RP0  ;选BANK1
        MOVLWB' 00001000';向寄存器W置数
        MOVWFTRISIO;设置除GPIO<3>端口外的其
他I/O输出端口
        BCF  STATUS,RP0;恢复到BANK0
LOOP    MOVLWB'00111111';注①向寄存器W置数
        MOVWFGPIO ;点亮所有端口上的灯
        CALL DELAY;调用延时程序、演示一定时间
```

```
        MOVLWB’00001000’;
        MOVWFGPIO ;熄灭所有灯
        CALL DELAY;注②
        …   …     ;注③
        GOTO LOOP;程序返回，重复循环
DELAY   MOVLW 0FFH;延时程序，将数255先送入W寄存器
        MOVWFCOUNT1;再由 W送入COUNT1寄存器
YS1     MOVLW0FFH;置数255到W寄存器
        MOVWFCOUNT2;在通过W送入COUNT2寄存器
YS2     DECFSZ COUNT2,1;COUNT2寄存器内容减1,
        GOTO YS2;不为0返回到YS2
        DECFSZ COUNT1,1;为0时执行本行语句
        GOTO YS1
        RETURN;子程序返回
        END;程序结束
```

程序说明：(1) 上述源程序已经过MPLAB编程软件编辑、汇编、SIM仿真调试通过，并通过自制的PIC8引脚单片机硬件实验板演示实验通过，读者即可经MPLAB软件编辑、汇编进行软、硬件演示实验。也可以将本期配刊光盘中的.HEX文件烧录到单片机中直接使用。(2) 为了变换显示花样，使显示效果能按使用者的意愿变换，读者可修改程序中注① 0、1、2、4、5位中的“0”与“1”数字，数字为“1”时，对应的单片机引脚输出高电平，即点亮字型，数字为“0”时LED熄灭。改变注②的延时时间，可以得到不同频率的闪烁效果。改变注①～注③的程序长度，可以使程序在不同的花样中循环变换显示，达到最佳的显示效果。

2.程序的烧录

由于PIC单片机型号繁多，功能各异，就是同型号的PIC单片机用于相同功能或者不同功能，其“配置位”的选用也可能存在较大的差异，假如程序编写、编译正常，但在程序烧录中配置位选择不当也会导致程序无法正常运行，故而这里强调说明一下该程序烧录的方法。

选用WWW.PIC16.COM（PIC单片机学习网）提供的开发或学习用编程器/烧写器QL2006或者专业开发量产型QL-280编程器烧录程序的方法。首先默认你的电脑中已经装有与上述两款编程器配套的烧写软件QL-PROG Vxx，其中Vxx为烧录程序版本号，双击QL-PROG Vxx图标，打开如图4所示烧录程序软件界面。

点击“加载”按钮，加载源程序中汇编后的.HEX文件，然后点击“配置位”按钮打开配置位选项对话框，如图5所示。

点击“看门狗”选项格右边的三角箭头，将看门狗关闭；

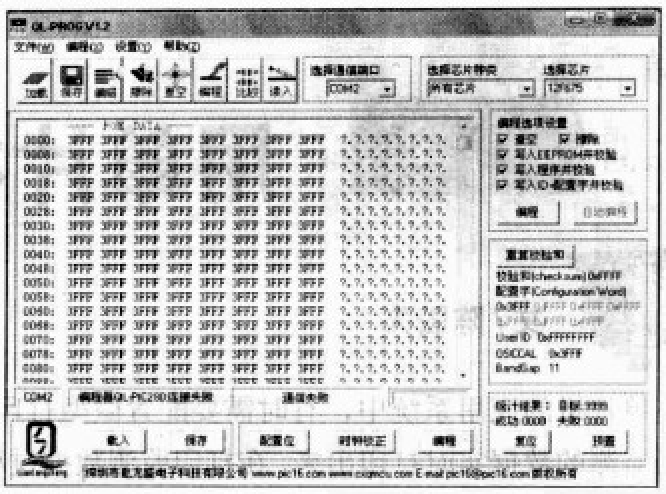


图4

点击“振荡方式”选项三角箭头，选择“内部RC/3脚作I/O”项，其意义为：选择IC 内部RC作振荡器；3脚作输入/输出端口。其他选项选择系统默认值，其后点击“配置

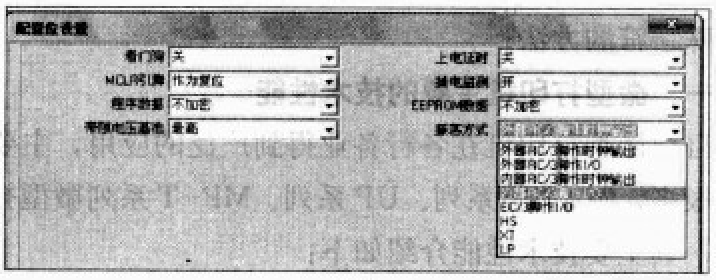


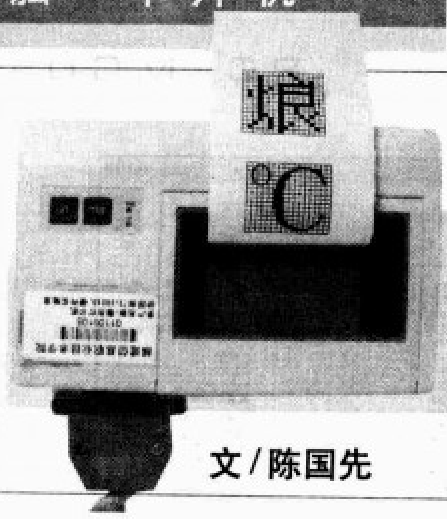
图5

位设置”对话框底部的“确定”按钮，关闭配置位设置对话框，编程器图标回到刚打开后的界面。再在QL-PROG Vxx程序烧录界面的右上角“选择芯片”选项中选定芯片为PIC12F629，注意待烧写芯片放置在烧录器ZIP插座中的脚位。最后点击“编程”，按钮，如果程序烧录成功，会在QL-PROG编辑界面上显示一个“恭喜”对话框，见图6。

图6

3.制作与调试

本电路中T1选用功率为10W左右的普通电源变压器，制作要领主要集中在字体板LED的排列上，为了制作容易、降低成本，LED可安装在三合板上，LED以选用 ϕ5mm的发光二极管为宜，字型间隔以20mm～25mm间距、依次安装发光二极管，对于选用红、黄、绿发光二极管，因为这类二极管的管压降均小于2V，可选用7只相串联再多路并联方法连接，对于选用白、蓝色发光二极管，因为这类发光二极管管压降足有3V，故而应采用5只相串联再多路并联连接方式。无论选用何种颜色的发光二极管，在上机前应先测出单只二极管在20mA电流以下，认为发光亮度足够的情况下测出其导通压降，最后调整IC1三端稳压器的输出电压，使其与LED发光二极管组的工作电压相匹配。最后联通电路，如果字型显示效果不如意，可以修改软件程序。



用单片机驱动微型打印机

文/陈国先

在单片机的应用系统中，有时需要配置微型打印机将传感器监测的数据实时打印出来，在打印监测数据过程中，不仅要打印一般汉字，而且有时要打印特殊汉字（即国际一、二级汉字库以外的汉字）或特殊字符。一般微型打印机内的汉字库只有国际一、二级汉字库，所以打印特殊汉字或特殊字符就不能用微型打印机汉字打印命令进行。本文主要探讨PIC单片机如何与微型打印机连接，打印特殊汉字或特殊字符的方法。

一、微型打印机主要的技术性能

目前微型打印机在各行各业得到广泛的应用，主要品种有很多，例如TP系列、UP系列、MP−T系列微型打印机等，其主要技术性能介绍如下：

1.具有超小体积，超低功耗，尺寸一般160mm（长）×106mm（宽）×40mm（高）。待机电流仅6mA，电源只需直流5V±0.25V，1.0A。

2.打印浓度可调节。用户可以通过专用控制命令，选择打印颜色的深浅。

3.极强的文字处理能力。能同行混合打印16×16、12×12、8×16、16×8、8×8、6×12点阵ASCII字符，打印汉字以及图符。

4.方便的汉字打印功能。汉字微打除内部存贮字符集一、二外，自带16×16点阵与12×12点阵国际一、二级汉字库，调用汉字使用标准机内码（或国标码）或直接输入汉字。

5.每行字符的点行数可用命令更换。即字符行间距空点行在0~256间任选。

6.有并行和串行两种接口形式。并行接口与标准CENTRONICS接口相兼容，串行接口与标准RS−232接口相兼容。两种接口都通过标准25芯D型插座和25芯电缆与微型机相连。

7.高可靠性。汉字微打采用原装进口打印头，打印头驱动电路的模块化设计，不仅能保护机头，更能有效延长机头及色带使用寿命。可靠的复位控制电路、周到的防电源反接电路以及完美的软硬件看门狗控制电路，使打印机无死机、乱打现象，也使打印机整机可靠性显著加强。平均无故障行数≥50万行。

8.兼容性强。汉字微打打印控制命令（除新增加的控制命令）及硬件与不同厂家的普通微打一般完全兼容。这一特性可以使一机多用，可以在打印速度、打印宽度和打印字体上进行选择，也使用户在开发其它产品或对产品的更新换代提供了方便。

二、用单片机驱动微型打印机

下面以MP−T为例说明单片机对微型打印机的驱动技术。

1.MP-T系列微型打印机接口

MP−T系列汉字微打并行接口采用D25芯针型插座与标准并行口CENTRONICS兼容，可直接由微机并口或单片机控制。

2.单片机与MP-T微型打印机的连接

PIC单片机典型的型号是PIC16F877A，该型号的单片机属于8位的中级产品，其引脚有40个或28个，其中I/O端口有5个：RA0~RA5是一个6条引脚的双向I/O端口，RB0~RB7是一个8位双向I/O端口，每只引脚内部增加可统一编程的弱上拉电阻，RC0~RC7是一个8位双向I/O端口，RD0~RD7（只有40脚封装的型号才具备RD0~RD7），也是一个8位双向I/O端口，RE0~RE2同样也是一个8位双向I/O端口。

MP−T微型打印机在输入电路中有锁存器，在输出的电路中有三态门控制。单片机与MP−T微型打印机可以直接相连。PIC16F877A与微型打印机的连接图见图1。

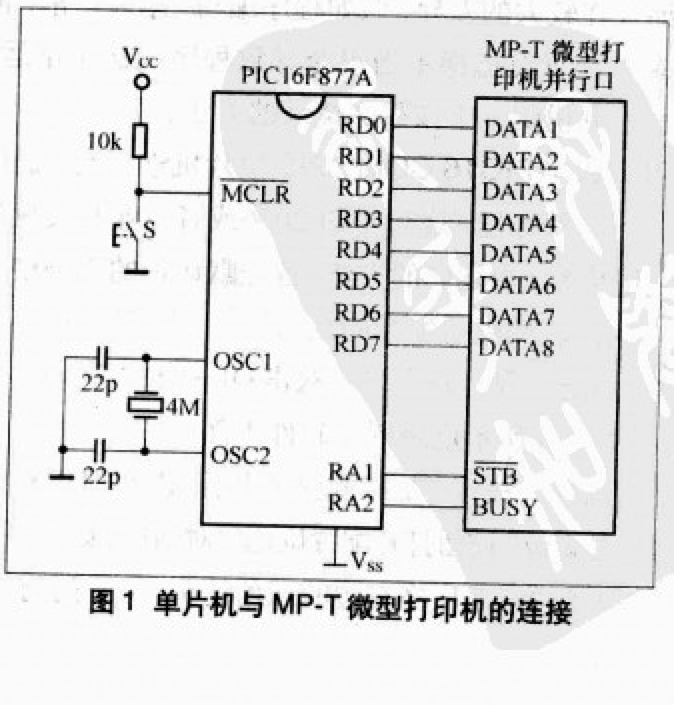


图1 单片机与MP-T微型打印机的连接

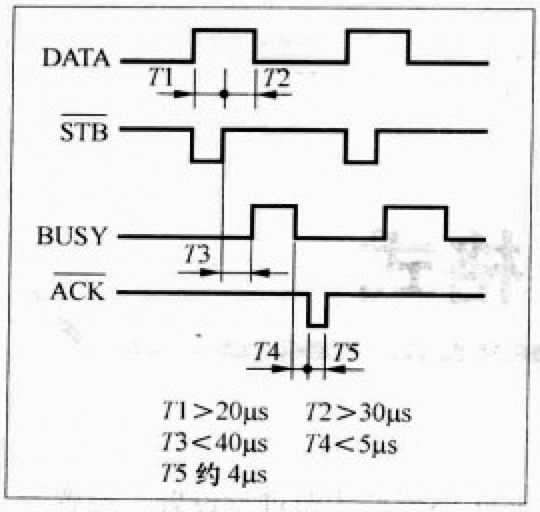


图2 4种信号的逻辑之间关系

3．单片机对微型打印机的驱动技术

在PIC单片机与微型打印机连接时，最主要的是使用引脚中的4种信号：DATA（数据信号DB0～DB7）、STB（数据选通）、BUSY（忙信号）、ACK（应答信号）信号，这4种信号之间的逻辑关系如图2所示。

其工作原理如下：

单片机首先查询RA2即BUSY是否为1，若BUSY=0，说明打印机不忙，可以打印。PIC单片机经RD口输出数据至打印机的数据端口DATA1～DATA8。当需要打印的数据出现在数据线上，RA1即$\overline{STB}$有负脉冲的上升沿时就开始打印。

微型打印机一般提供50多种打印命令，这些命令由一个控制码序列组成。如MP−T系列的微型打印机汉字打印命令格式有ASC Ⅱ码表示方法或十六进制码表示方法两种：(1) ASC Ⅱ码为ESC 8 n；(2) 十六进制码为1B 38 n。n表示选择不同点阵的汉字打印，当n=0选择16 × 16点阵汉字打印，n=1选择8 × 16点阵汉字打印等。ESC 8或1B 38是控制码，微型打印机接收到该命令后就开始工作。在汉字打印方式中每接收2个字节的机内码即可调出国际一、二级汉字库中的一个汉字点阵码打印。工作过程是根据汉字打印命令找到汉字机内码，再将汉字机内码转换为汉字点阵码（16 × 16点阵码）即横向16个点，竖向16个点，然后送出打印汉字对应的点。

三、PIC单片机应用系统打印特殊汉字或特殊字符的软硬件设计

打印特殊汉字或特殊字符不能按照汉字打印命令进行，因为微型打印机没有特殊汉字或特殊字符的点阵码，但是可以按照汉字打印的基本原理进行软硬件设计，实现特殊汉字或特殊字符打印。

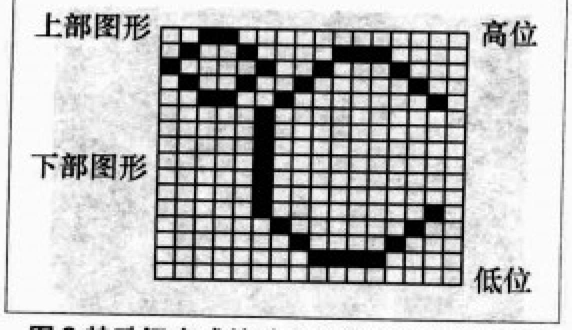


图3 特殊汉字或特殊字符的字形点阵码图

由于利用微型打印机的汉字打印命令只能打印国际一、二级汉字库汉字，汉字打印命令将机内码转为字形点阵码，将字形点阵码构成的16 × 16汉字点阵二进制码输送给打印机就可以打印汉字。根据以上思路，我们打印特殊汉字或特殊字符时可采用图形打印命令，利用图形打印命令定义汉字点阵，就可以灵活地定义并打印出任何特殊汉字或特殊字符。汉字的宽度在打印机每行允许的最大点数范围内不受限制。如MP−T系列微型打印机图形打印命令格式有2种：(1) ASC Ⅱ码为： ESC K n1 n2 Data；(2) 十六进制为：1B 4B n1 n2 Data，n1,n2为一个十六进制的2位数，n1表示宽度为n1点，高度为8点（固定值），n1可在1到该打印机的每行最大点数之间取值。打印的宽度为n2 × 256+n1。由于大部份微型打印头的宽度都小于256，所以n2总是为0。ESC K或1B 4B是图形打印控制码。Data是该点阵汉字或字符从左到右每一列字节的内容，字节数应小于或等于n1。如图3打印特殊字符“C”，其Data十六进制为：上部图形20H，50H，88H，88H，50H，27H，08H，10H，20H，04H，04H，04H，02H，10H，08H，00H；下部图形00H，00H，00H，00H，00H，F0H，08H，04H，02H，02H，02H，02H，04H，08H，10H，00H。

图5 打印命令子程序

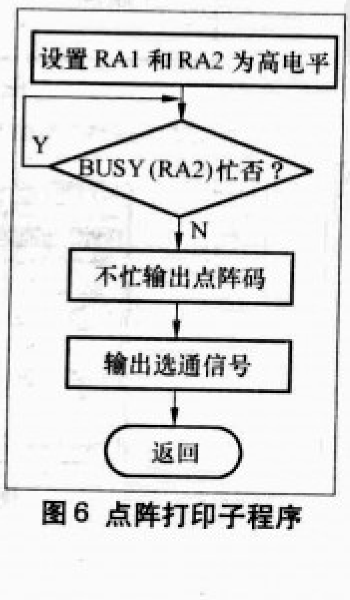


图6 点阵打印子程序

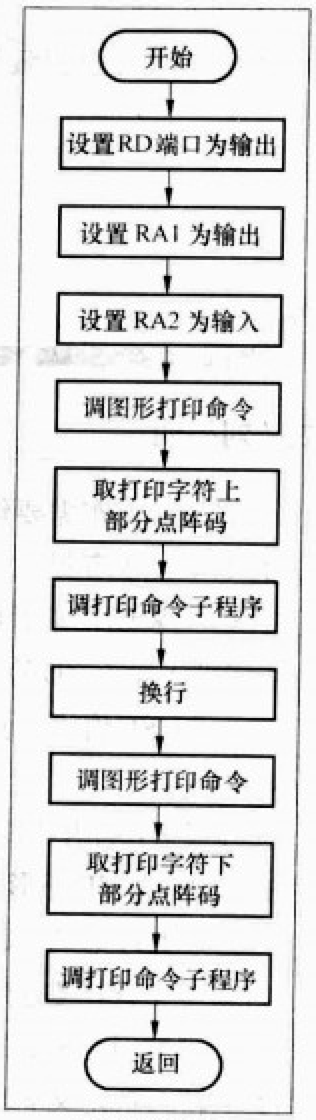


图4 主程序

根据图2 PIC单片机与MP−T微型打印机的连接图和图3的字符“C”字形点阵码，可以编写PIC单片机与MP−T微型打印机的连接打印特殊字符的程序流程图，如图4、图5、图6所示。

打印出的效果见题图。源程序见本期配刊光盘。

印制电路板CAD

AutoCAD的图纸怎样转换成Protel 99 SE格式

文/刘祖明

笔者因工作需要经常上网查阅有关的电子技术资料。同时也经常去电子BBS上发贴，常看到“请教各位大侠：能把AutoCAD的图纸直接转换成Protel 99 SE格式么？”回答是肯定，方法如下：

步骤一：打开AUCAD2007，在作图区域画出PCB外形尺寸和LED外形尺寸，见图1。在AUCAD2007【文件】下拉菜单中选择【另存为】，见图2，出现一个新的对话框，见图3。在【文件名】中输入自定义名字*.dxf，在【文件类型】中选择【AutoCAD2004/LT2004 DXF（*.dxf）】。

步骤二：打开PROTEL 99SE，新建一个PCB文件，出现如图4～图6的画面。在【File】下拉菜单中选择【Import】，见图7，出现如图8所示的画面，在其中导入刚刚转换为*.dxf的文件，同时按图8进行参数的设置，点击OK后，在图9中就可以看到导入的PCB外形尺寸和LED外形尺寸图。按图10所示对PCB外形尺寸图进行设置，设置为【Keep Out】(禁止布线层)。LED外形尺寸图进行设置，设置为【Mechanical Layers】(机械层)。这样就完成了转换。

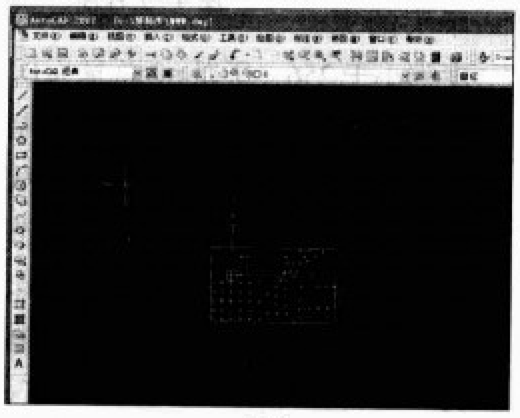


图1

图2

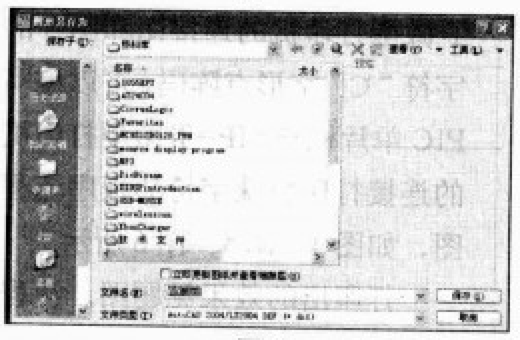


图3

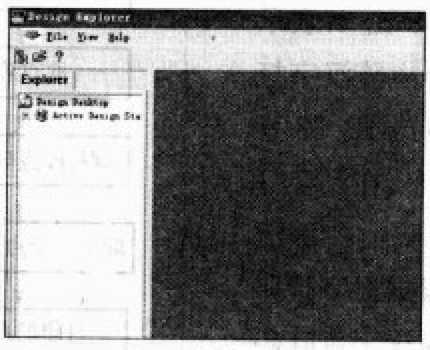


图4

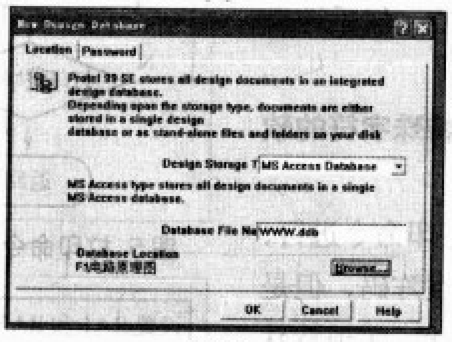


图5

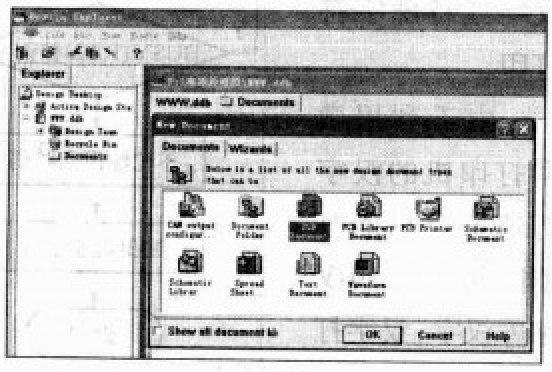


图6

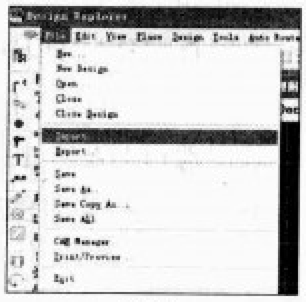


图7

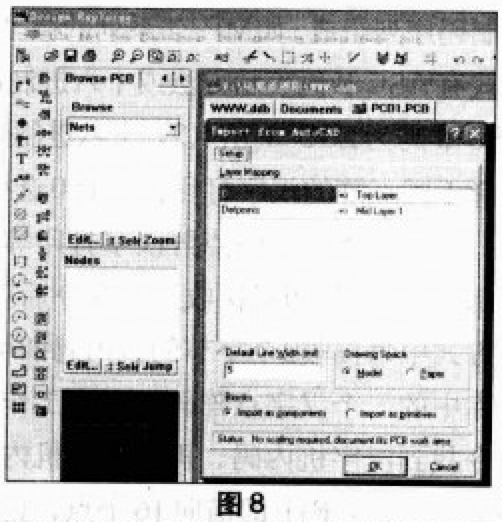


图8

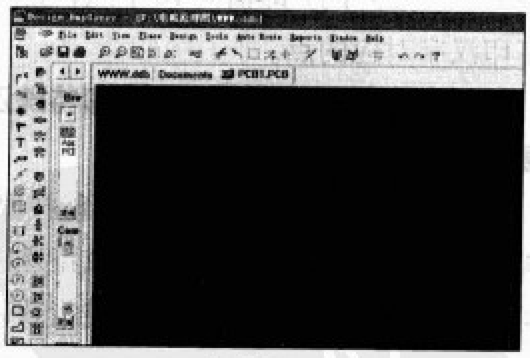


图9

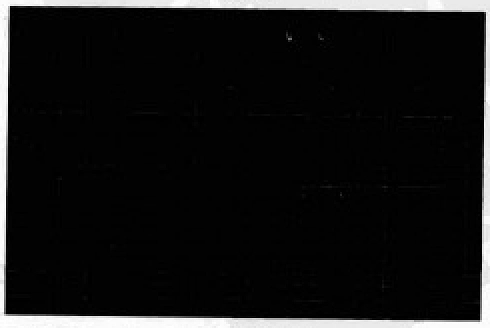
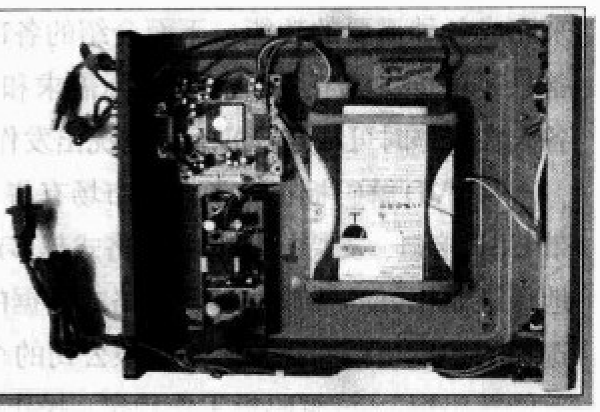


图10

简单易制的硬盘播放器



文/姚宗栋

本文介绍的硬盘播放器不仅能够播放目前比较常见的JPG、MP3、WMA、MP4、VCD、DVD等各种格式的影音图片文件，同时网络来源广泛的RM、RMVB等格式的影音文件经过电脑视频格式转换软件转换为播放器支持的数据格式后同样可以播放。播放器内置电脑硬盘，可以轻松存储大容量的影音数据。除了可以播放自身内部硬盘存储的数据外，其他的MP3、MP4或U盘、SD存储卡等外部设备通过播放器的USB插座与播放器连接后，其内部存储的影音数据同样可以通过播放器进行播放。本播放器的制作全部采用模块化电路结构，不但制作非常简单、成功率高，而且工作稳定可靠、整机性能可以得到很好的保证。制作成本也很低，除硬盘外各部分电路的总成本只需90元左右。下面对电路原理、制作和使用方法以及有关的注意事项进行简要介绍。

电路原理

如图1所示，整个播放器的电路由电脑硬盘、IDE TO USB转换板、DVD解码板、控制及显示电路板、电源电路板5个主要部分组成。电脑硬盘用来完成数据的存储功能，IDE TO USB转换板可以将电脑硬盘IDE接口并行传输的数据转换为串行传输方式，再通过USB接口与外界进行数据传输，完成数据传输格式的转换功能。需要播放的影音数据由DVD解码板的USB插座输入，由DVD解码板的解码电路完成数据的解码还原任务。电源板负责为播放器各部分电路提供稳定的电源。控制显示电路可以完成通过按键或接收遥控信号对播放器进行各种操作控制的功能和播放时各种相应信息的显示功能：通过播放器面板的按键或遥控器发出的各种操作控制信号，经由DVD解码板相应电路的分析后执行相应的操作来完成对播放器各种播放功能的控制。播放器前面板的显示屏用来显示播放时的曲目、时间、数据格式等信息。

需要向播放器内部存储数据时，将播放器的USB插头连接到电脑主机的USB插座，便可将电脑中存储的影音数据复制到播放器的硬盘内部供播放时取用。播放时将播放器的USB插头插到播放器的USB插座，则播放器内部硬盘中的数据经过IDE与USB转换板转换传输格式后，通过播放器的USB插头和USB插座输入进DVD解码板，经过DVD解码板解码电路恢复为保存的音视频信号，最后通过音视频输出插座输送到功放机和电视机还原出声音和图像。播放外部的MP3、MP4、U盘、SD存储卡等设备内保存的数据时，只需将设备通过数据线与播放器的USB插座连接就可以进行相应的播放。

元件准备

为了降低制作的难度和劳动量，提高播放器的制作成功率和整机的性能，播放器在制作时尽量采用模块化电路

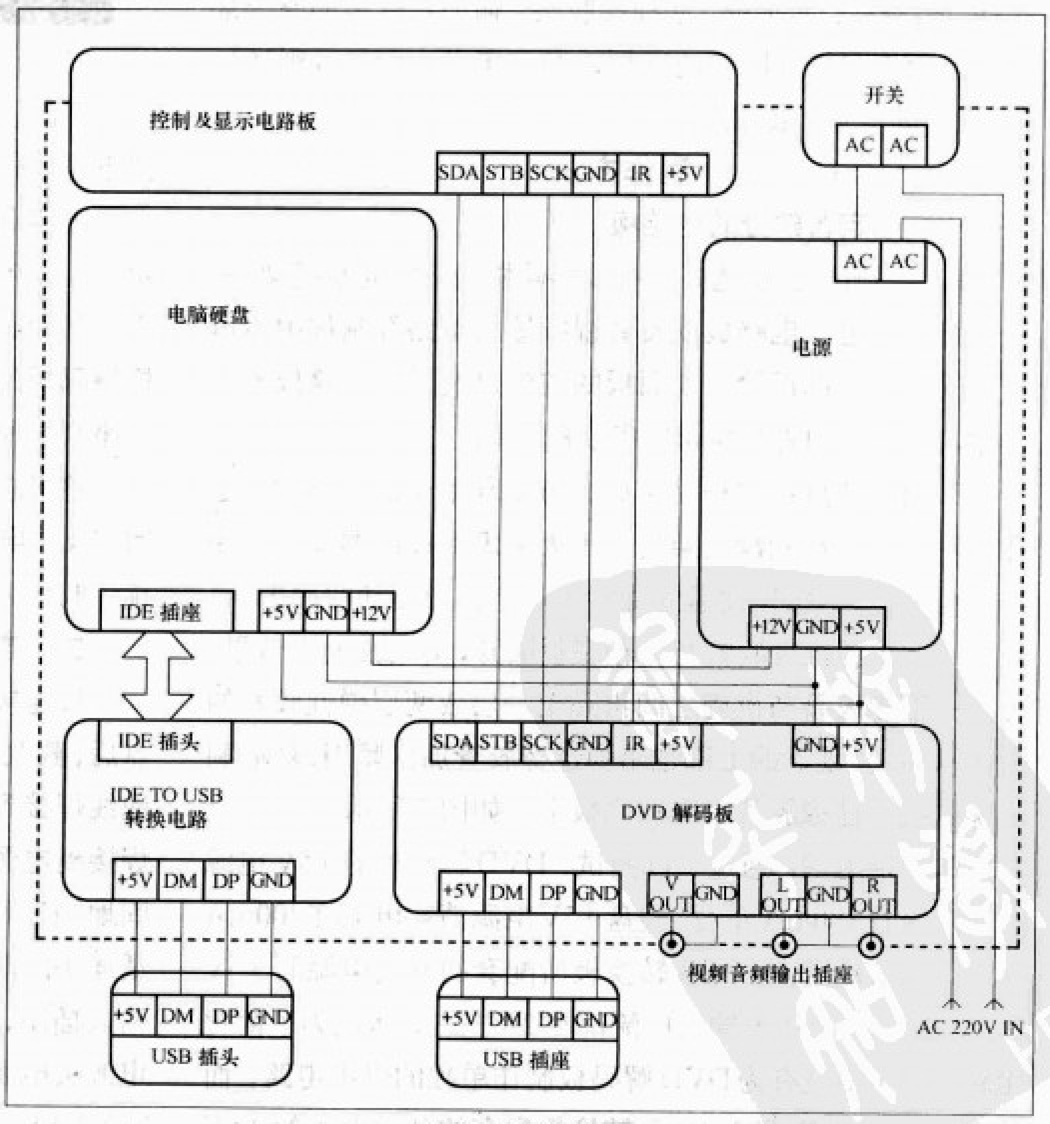


图1 电路原理图

来完成各种需要的功能，下面介绍的各部分制作材料的准备只是根据本人在制作中的实际需求和条件确定的方案，各人在制作时可从自己的实际情况出发作相应的合理调整。

1.DVD解码板在电子元件市场有售，购买时一定要买带USB接口、支持播放的数据格式越多越好，以最大限度地保证制作好的播放器对各种格式数据的播放能力。本人选择的是广州精彩科技电子有限公司的“JC966D2型DVD万能解码板”，该解码板工作稳定、操作简单、音像效果俱佳，零售价格在50元左右。

2.IDE TO USB转换卡在电脑配件市场一般有售，价格在40元左右，购买时不要忘了向经销商索要配套的供电电源，以作为本制作中的整机供电电源。

3.硬盘的容量没有限制，只要能够满足自己的存储要求而且电路支持即可，一般可选40GB左右的。若没有过高要求利用手头闲置的数GB的就可以，废物利用，经济实惠！

4.USB插头、插座线可用一根常用的USB延长线从中间剪断而分别得到，或者直接利用DVD解码板和IDE TO USB转换板上附带的也可以。

5.播放器的机壳可利用外观较好而电路报废的影碟机的机壳，这样可以直接利用其机壳上的电源开关、电源输入引线、按键板、显示屏、遥控接收头、输出音视频插座等部件，省却许多钻孔固定的麻烦，经济实惠，而且外观还是“相当”的专业、漂亮！

制作方法

一、固定各部分的电路板

1.清扫机壳：将选好的报废影碟机内部的光盘托架、解码电路板、电源电路板以及音视频输出电路等制作中不再需要的部分全部拆除，前面板的按键以及显示电路板不必拆除，将机壳内外灰尘进行彻底的清扫。

2.固定硬盘：清扫完毕后，可以利用光盘托架的固定孔将硬盘固定在光盘托架处。因为考虑到播放器有流动使用的可能性，为保护硬盘免受外界过于强烈震动的冲击，将硬盘底部用弹性橡胶管与机箱底板隔开，为增强避震效果，可在底部橡胶管与机壳之间再贴上一层或两层弹性较好的泡沫双面胶。硬盘的上部也用弹性橡胶管加以紧固，然后利用螺丝将弹性橡胶管固定在底板上，如图2所示。

3.固定电源：通过实际测试，DVD解码板的+5V电源消耗电流在380mA左右，硬盘+5V电源消耗电流在400mA左右，而IDE TO USB转换板所配套的开关电源的+5V和+12V电源的最大输出电流都在2A左右，所以为了简化电路，制作中没有为DVD解码板制作单独的供电电路，而是直接利用IDE TO USB转换板配套的开关电源的+5V输出电源。固定时将开关电源盒的上盖去掉以利于散热，保留下盖以保证电路板与播放器底板间的良好绝缘。将整个电源电路利用螺丝固定在原机电源电路的位置，如图3所示。

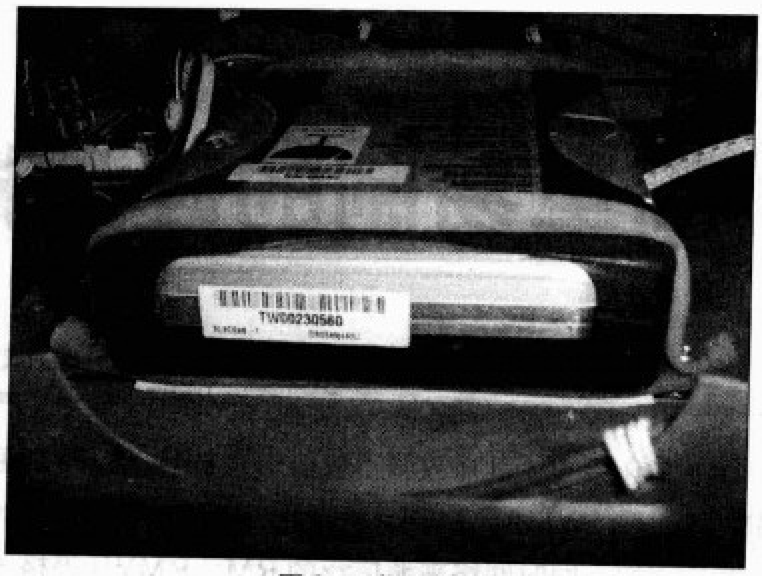


图2 硬盘固定图

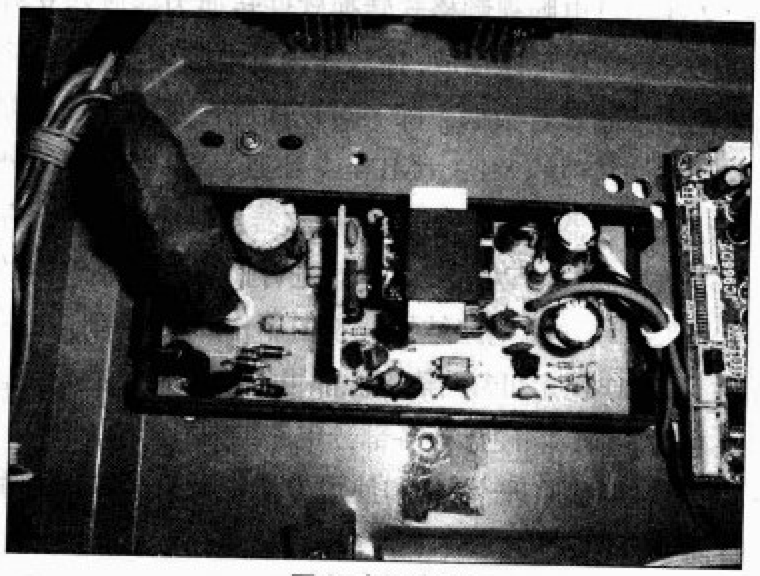


图3 电源电路

4.固定DVD解码板：可以将DVD解码板利用原影碟机解码板的固定螺丝固定在原机解码板位置。音视频输出插座利用原机的即可。

整机总体的布局原则是各信号传输线尽量短，避免迂回交叉，电源板尽量远离DVD解码板和硬盘，以免产生干扰。制作完成后的整机内部结构如图4所示。

二、连接各部分线路

1.连接电源线：认清电源板的+5V、+12V输出接线焊点后，截取适当长度的电脑硬盘电源插头线，将两根黑色的地线焊接到电源板的地线焊点，将红色和黄色的引线分别焊接到电源板的+5V、+12V输出焊点上，然后再将插头牢固地插到硬盘的电源输入插座上。再选取适当长度的带合适插头的双芯排线将插头一端插到DVD解码板的+5V电源输入插座，另一端根据解码板的极性标注分别准确焊接到电源板电源输出端的地线和+5V输出焊点上。因为购买IDE TO USB转换板配套的电源板的电源输入端如果没有滤波

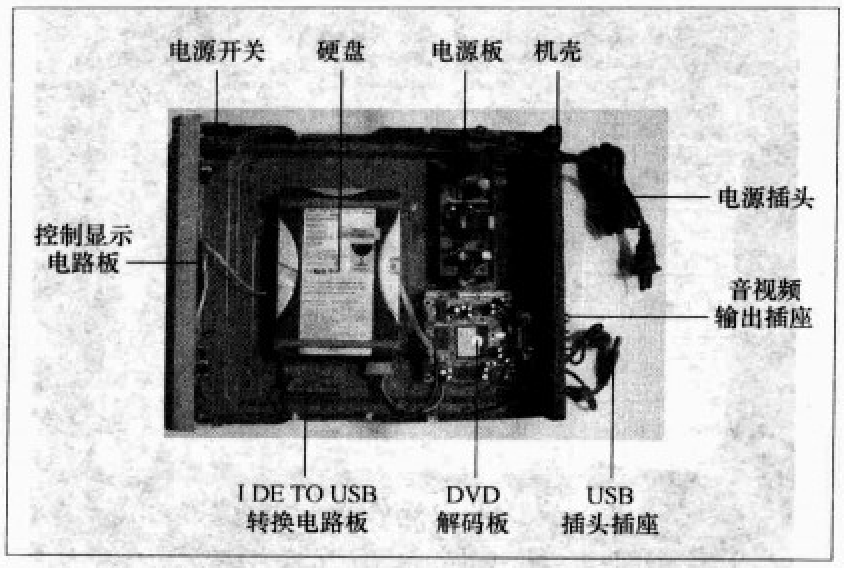


图4 播放器内部照片

电路，制作完成后播放图像时可能会有噪波干扰，为此，最好在电源板电源进线以及+5V和+12V电源输出端增加"CLC"滤波电路加强滤波（图3中电源滤波电容左侧黑色的物体即为包裹在热缩绝缘套管内的新增加的"CLC"滤波电路），具体的制作方法可自行参考相关的电路。

2.连接控制显示线：利用带合适插头的六芯排线将遥控输入线和显示屏驱动线按照说明书标注的顺序分别焊接到播放器前面板相对应的引脚上，然后将插头插到解码板的对应插座上。

3.分别利用插头线将音视频输出线与音视频输出插座进行对应连接。

4.连接USB线：将USB插头线从后面板的开孔处引入播放器内部，再正确地焊接到IDE TO USB转换板的原USB接线处，然后将IDE TO USB转换板的IDE插头正确紧固地插进硬盘的IDE插座内。将USB插座线按照解码板说明书的标注利用合适的插头插到解码板的USB插座内。

5.设置DVD解码板：找一个电脑硬盘设置主从盘时常用的跳线帽，用它将DVD解码板上的跳线可靠短接，如图

图5 解码板跳线

5所示。这样每当播放器接通电源时虽然其内部没有激光头以及光盘托架等组件，解码板也可以单纯通过进仓到位检测输入端的低电位确认光盘托架已经到位，然后转入到搜索光盘的程序，进行几次搜索仍检测不到光盘存在的信号后便判断光盘为"坏碟"，再自动进行下一步的检测USB插座所连接存储设备的程序，在检测到相应连接设备后即可自动播放其中所支持格式的文件内容。如果不将进仓到位检测输入端与地端加以短接，DVD解码板将会认为光盘托架没有到位，而一直处于执行进仓命令的程序状态，不能进一步完成后面对USB接口的检测读取程序。如果没有跳线帽也可以用烙铁将两点直接焊接。

三、电路功能调试

1.检查接线：整机的线路连接完毕后，需要进行一次完整的接线正确性的检查，特别是各电路板电源接线及USB口电源线千万不能有极性接反或电压大小接错的情况。

2.调试硬盘存储电路：检查无误后，可以先把DVD解码板的+5V电源插头拔下，单独进行硬盘存储电路的调试。调试时接通播放器的电源，应能听到硬盘内部比较轻微的启动旋转以及磁头寻道的声音。等待几秒钟硬盘转速稳定后便可将USB插头连接到电脑主机的USB插座，此时电脑主机应该能够检测到硬盘，同时从"我的电脑"中也应该能够找到播放器硬盘所对应的盘符，并能够打开浏览其中的内容。接下来就可以将电脑中储存的各种格式的影音文件选择一部分复制到播放器的硬盘内部，这样一方面测试了硬盘存储电路的性能，另一方面也可以作为后面进行整机功能调试时的测试信号。一切正常后就可以将播放器与电脑的连接断开，关闭播放器的总电源，然后准备下面的调试。

3.调试DVD解码电路：将DVD解码板的+5V电源插头插好，再将播放器后面板的USB插头插入播放器后面板的USB插座内，将播放器音视频输出端子分别和功放以及电视机进行连接，并分别将它们的电源打开。检查接线无误后，打开播放器的总电源开关，此时电视机的屏幕上应该显示DVD解码板自带的开机画面，同时屏幕上应该有"读碟"的提示信息。如果解码板电路正常，几秒钟后播放器在找不到碟片的情况下会提示"坏碟"，然后自动检测USB插座连接的设备，并将读取到的主存储目录下的内容显示在电视机屏幕上，并自动播放其中相应支持格式的文件内容，如图6所示。如果以上任务都可以顺利完成，说明播放器的电路连线以及各部分的功能基本正常，让播放器播放一段时间，注意声音图像效果，确定播放器工作正常稳定后便可进一步进行下面的调试。

4.调试控制显示电路：先根据DVD解码板说明书的提示步骤，进行播放器遥控器的功能设置，遥控器可以用原影

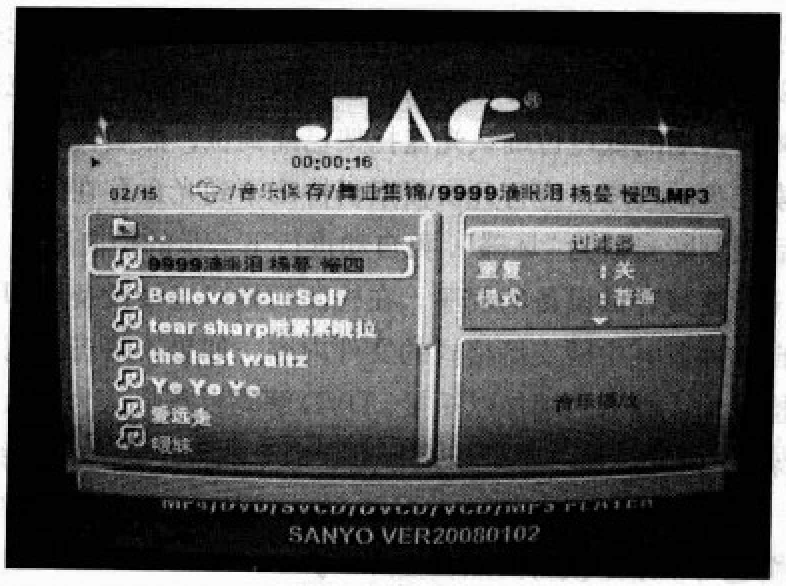


图6 播放菜单

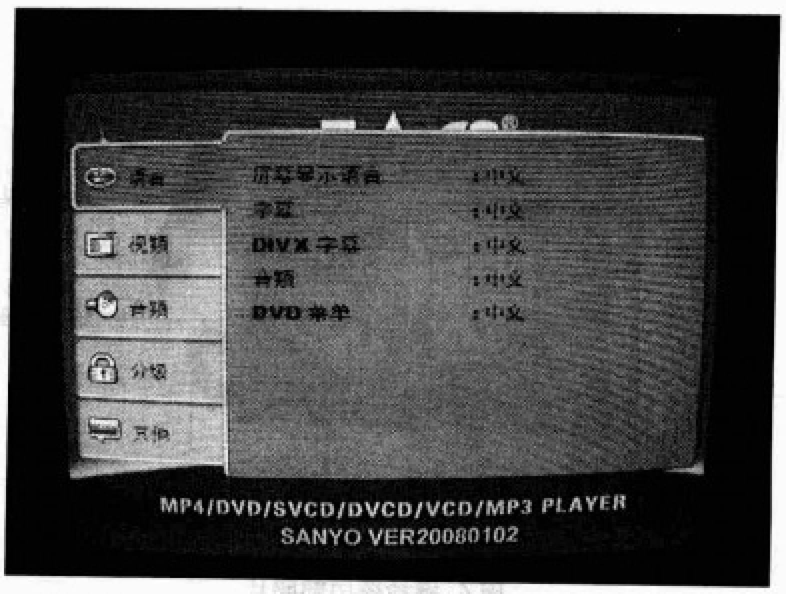


图7 系统设置菜单

碟机所附带的，或者也可以用其他任何一款影碟机用的遥控器。设置完成后遥控器可以控制播放器完成各种播放操作功能。再根据说明书的提示步骤进行面板按键的功能设置，这样即使在没有遥控器时仍然可以完成对播放器的功能操作。最后根据说明书的提示步骤再进行显示屏的设置，设置完成后播放影音文件时的曲目、时间、格式等信息便可以通过播放器的显示屏直观的显示出来，以便在播放器只连接功放没有连接电视机时操作使用方便。以上各功能的设置步骤在DVD解码板的安装使用说明书里都有清晰详细的介绍，具体制作时请参照说明书的提示内容相应设置，本文不再赘述。

使用方法

利用播放器的遥控器可以对播放器整个系统的各项参数进行适当的调整：如改变视频输出的端口、视频制式、操作菜单的语言种类、屏幕的宽高比例等各种常用的设置，如图7所示，具体设置的方法可按照DVD解码板说明书的提示进行。

注意事项

1.选购DVD万能解码板时一定要向经销商问清：解码板的USB接口是否支持影音播放？可以支持哪些格式的影音播放？否则有的DVD解码板虽然电路板上设有USB接口，但是不一定支持影音播放功能。

2.如果选购的IDE TO USB转换板所配套的电源功率容量不够大，工作时发热严重，在制作播放器时就应该考虑选用功率更大的能够充分满足整机供电的电源，以免电源功率容量过低使整机工作不稳定，造成安全隐患。有的DVD解码板的电源供应可能还需要+12V、−12V电压，此时播放器整机供电电源电路板也需要做相应的更换。

3.播放器音视频输出插座的地线不要直接焊接在一起，否则可能导致输出的音频信号有较大的杂音干扰。如果电视机屏幕显示的图像有噪波干扰，一般是由于播放器220V交流电源进线的滤波能力较弱所造成，可以参考有关电路资料增加电源进线“CLC”滤波电路。

4.整个电路的制作过程中接线任务虽然不多，但是一定要注意接线的准确性，错误的接线将会导致元器件的烧毁造成大的经济损失。焊接过程中尽量使用带有良好接地线的电烙铁，或者拔下电烙铁的电源插头再焊接，以免电烙铁漏电击穿电路板上的部分敏感元件。

5.本播放器所采用的DVD解码板支持JPG、MP3、WMA、MP4、VCD、DVD等多种常见格式数据的播放，对于电脑中存储的播放器支持格式的文件可以直接复制到播放器硬盘内进行播放，对于不是播放器支持格式的文件内容，可以在电脑中利用相关的视频转换软件转换为支持格式的文件后存入播放器硬盘后进行播放。具体的视频转换软件比较多，各人可以上网下载比较选用。

6.播放器内部的硬盘虽然采取了较好的避震措施，但在制作过程中进行机壳钻孔等震动较强的操作时应将硬盘拆下再进行。在播放器工作或需要携带时也要注意尽量避免对其剧烈震动，以免造成硬盘出现坏道或彻底报废。电路中硬盘和“IDE TO USB”转换板部分的制作及原理可以参考《无线电》2007年第3期的《简单易制的电脑移动硬盘》一文当中的详细介绍。

整个制作完成后用平时比较熟悉的影音内容试播，应能感觉其音质细腻圆润，画质清晰逼真，给人耳目一新的感觉。整机操作简单，功能全面，工作稳定，性能优良，虽然纯属“DIY”，但是因为采用了成品机的机箱，模块化的电路结构，再加上利用了原机的显示屏作为播放信息显示，一切都显得“相当”的专业！本人上班时将其用于学校电化教学，从网上下载各种教育影像资料供学生观看学习；闲余时间用其聆听音乐，欣赏高清晰电影，都能得心应手！有兴趣的爱好者不妨试制，相信它的优良表现一定也会同样让您非常的满意！

用单片机实现传统电路功能

用单片机进行语音录放

文/史杰云

在日常生活中我们经常能看到语音提示的身影，如公交报站系统、电话留言、银行取款服务等，给我们的日常生活中带来了极大的便利。为此笔者设计制作了一种单片机控制语音芯片的录放系统，可录放8段语音，有较广的应用价值。

传统的语音合成设计十分复杂，先要对需要的各段语音建立数学模型，经过A/D、PCM处理变换为数字量，再将它们写人EPROM存储器中作为音源，电路设计时，需考虑数模转换器处理器、多级滤波器、逻辑接口电路、音频放大器等各个模块。元器件的数目多而且产品体积大、成本高、音质方面不容易做得很好，背景噪声较大，音源更换也极不方便，对普通电子爱好者来说难度较大。

ISD4002 是美国ISD公司系列单片语音录放集成电路的一种，它采用直接模拟量存储技术，将每个采样值直接存储在片内的FLASHRAM中，能较好地保留模拟量中的有效成分。并设计成和微处理器或微控制器配合使用，可方便地实现寻址和控制，使本器件引出端数减到最少，且音质较好，目前在语音合成设计中应用很广。

图1所示为笔者制作的简易语音录放器，电路中的单片机为5V供电，语音芯片为3V供电系统，工作电流为15mA～20mA，典型维持电流为1μA，可实现循环录放8段语音，每段语音长度为10s。芯片采样频率为8kHz，音质较好，适

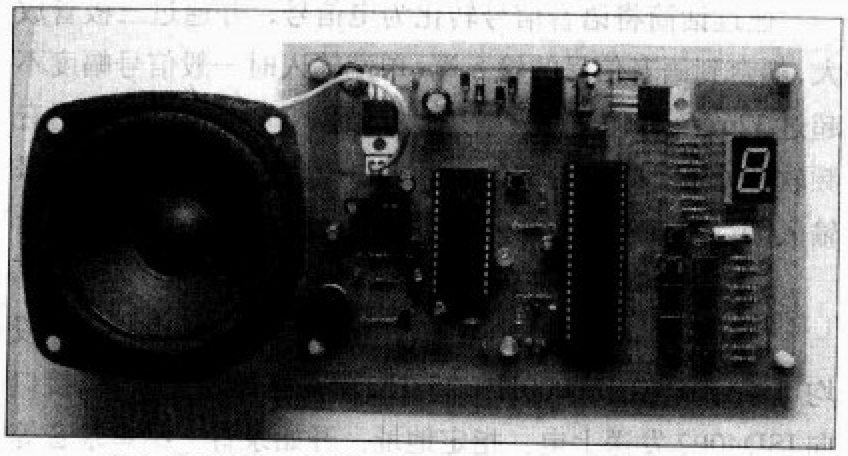


图1 用STC89C51RC和ISD4002做的语音录放器

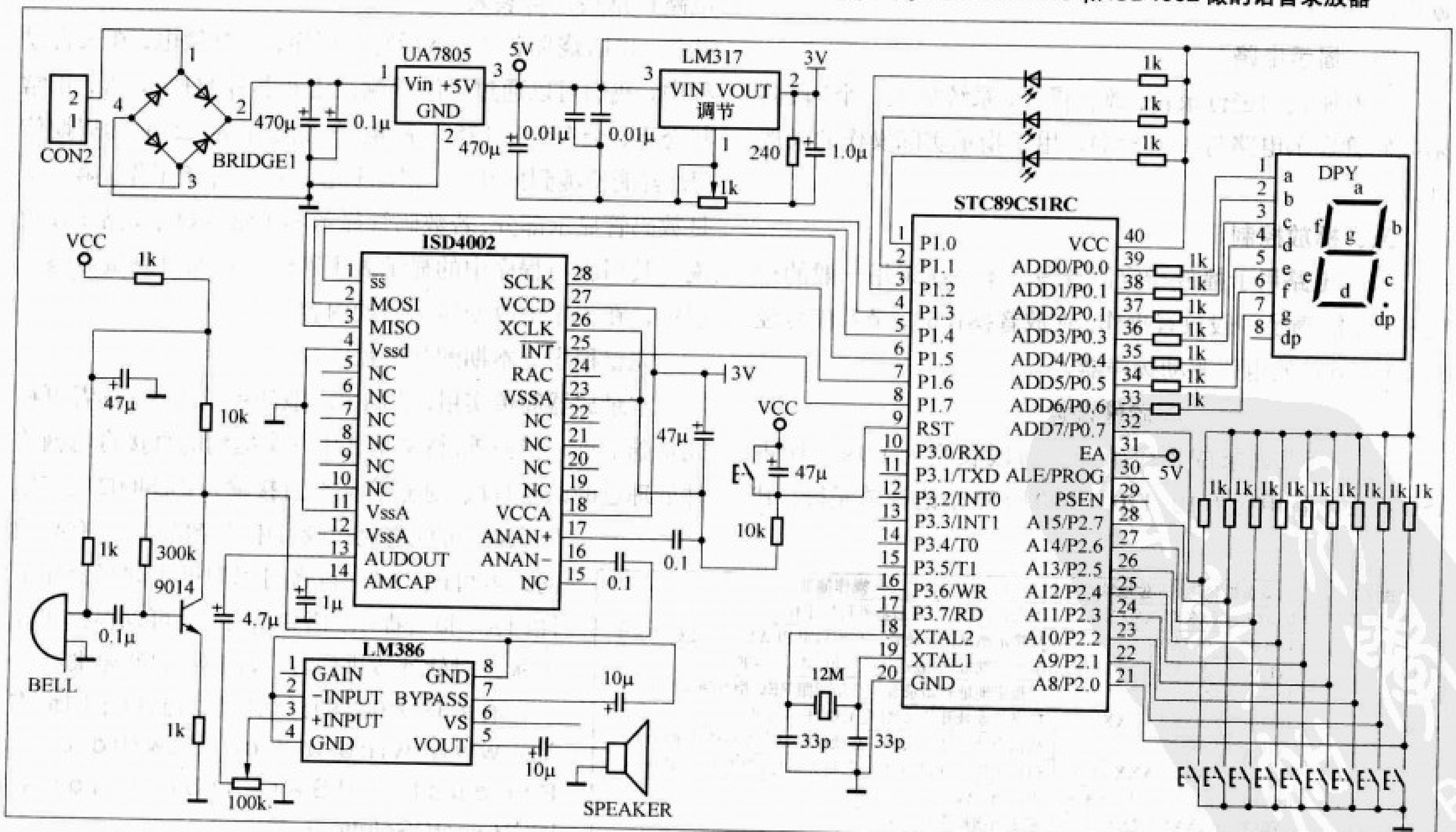


图2

用于一般电话以及移动设备中。

硬件电路设计

图2为电路原理图，整个系统由STC89C52单片机，ISD4002录放芯片，外围电源电路、数码管显示电路、LM386功放电路以及按键电路组成。STC89C52是一款低功耗/低电压、高性能的8位单片机，除兼容8051单片机外，内部具有2K字节的EEPROM，方便保存掉电易失数据。其还具备ISP在线下载程序功能，方便我们进行烧写调试。

一、电源电路

电源电路可在交直流输入下工作，使用稳压直流电源，使输出电源为DC12V，由于整机电路板耗电较少，使用LM7805稳压集成电路，由于ISD4002需在2.7V～3.3V工作，另外又加入LM317可调稳压集成电路。

二、语音信号拾取

通过话筒将语音信号转化为电信号，并通过三极管放大，耦合到语音信号的输入端，单端输入时一般信号幅度不超过32mV，另外一种方案是直接拾取音频信号，用专用音频软件处理，将电脑端的音频端口信号引入ISD4002信号输入端，本设计采用第一种方案。

三、ISD4002接口

ISD4002可录放120s语音信号，可分600段，每一段均可寻址其范围从000H～258H，单片机通过模拟SPI接口向ISD4002发送上电、指定地址、开始录音、结束录音等操作命令。

四、显示电路

为方便我们进行录音、放音操作，系统加入一个7段共阳数码管显示电路与3个LED，用于指示实际操作的录放地址。

五、播放控制

按键电路用于播放指定语音段，本系统采用一般的按键接法，能满足一般放音操作。在放音操作时，录音信号经过LM386功放电路驱动扬声器。

软件设计

本系统设计录制8段语音，每段长度为10s，所占ISD4002语音单元为10/120 × 600即50个语音单元行，其分配的地址单元为00H～32H，以此类推下一段地址设为33H～64H、65H～96H、97H～0C8H、0C9H～0FAH、0FBH～12CH、12DH～15EH、15FH～190H。这样我们在录放语音时只需指定相应地址即可控制所需片段。程序流程图见图3。完整程序见本期配刊光盘。

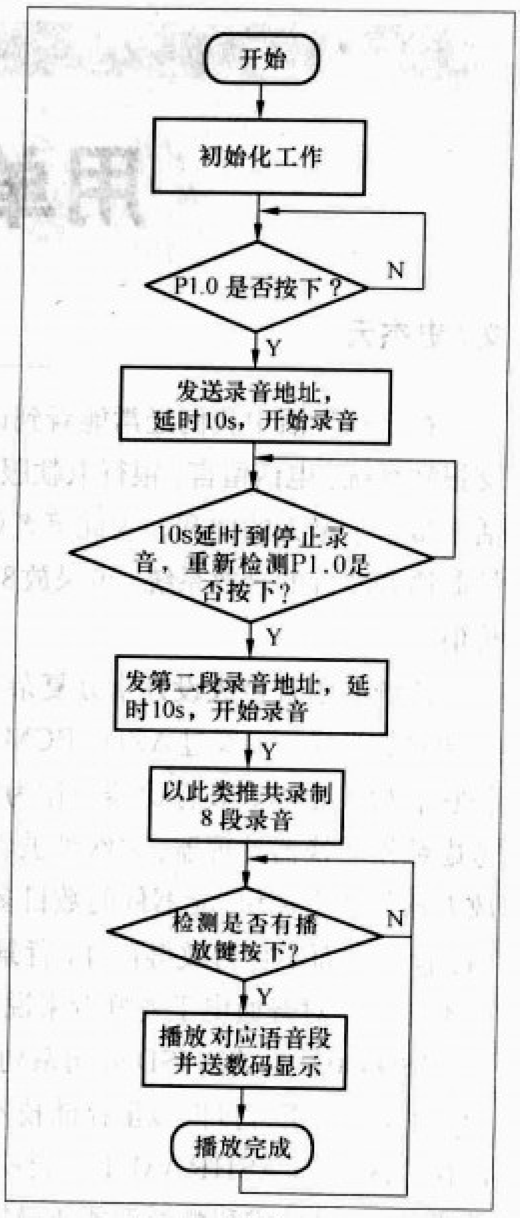


图3

系统调试

本系统调试可分为两部分，第一步是实现录放，在确保硬件电路连接正确后，先测试底座电压是否在正常状态（单片机为5V，语音芯片为2.7V～3.3V），在确保电路正常后，再装入芯片，以防烧坏芯片，然后写入程序，正常供电，在录音过程中，我们可以通过示波器测试语音芯片的RAC端，正常状态下，会有信号175ms高电平，低电平为 25ms的周期信号。若能检测到此状态，则说明芯片已经开始工作。第二步是数码管显示部分，若数码管显示不正常或显示是乱码，则说明其引脚与程序中的显示表不匹配，可通过测量数码管引脚，在程序中改变显示表的内容。

完整程序见本期配刊光盘。

本录放器简单实用，能满足一般的系统需求，读者可在此基础上进一步完善，特别是文中开头提到的直接将电脑软件处理过的语音片段，通过音频线直接输入ISD4002的信号输入端，可以避免在录音中掺杂的杂音，有兴趣的读者可以一试。读者可以根据不同场合如个性门铃、报警提示、语音留言等，可以根据实际需求，对软件改进修改，满足我们的要求。

有关ISD4002的详细信息可到以下网址查询：www.winbond.com.tw/hq/chs/ProductAndSales/Solutions/ISDVoiceICSolution/。

附表 指令表

指令	5位控制码<11位地址>	操作摘要
POWERUP	00100<XXXXXXXXXXX>	上电：等待TPUD后器件可以工作。
SET PLAY	11100< A10–A0>	从指定地址开始放音，必须后跟PLAY指令使放音继续。
PLAY	11110<XXXXXXXXXXX>	从当前地址开始放音(直至EOM或OVF)。
SET REC	10100<A10–A0>	从指定地址开始录音，必须后跟REC指令使录音继续。
REC	10110<XXXXXXXXXXX>	从当前地址开始录音(直至OVF或停止)。
SET MC	11101<A10–A0>	从指定地址开始快进，必须后跟MC指令使快进继续。
MC	11111<XXXXXXXXXXX>	执行快进，直到EOM，若再无信息，则进入OVF状态。
STOP	0X110<XXXXXXXXXXX>	停止当前操作。
STOP WRDN	0X01X<XXXXXXXXXXX>	停止当前操作并掉电。
RINT	0X110<XXXXXXXXXXX>	读状态：OVF和EOM。

输出直流高电压的太阳能充电器

文/吴汉清

太阳能充电器是将光能转换成电能的充电器，适用于出差、旅游、长途乘车船、野外作业等环境给手机、数码相机、MP3、MP4等设备充电。普通太阳能充电器的原理是：通过太阳能电池将光能转换成电能并储藏在内置的蓄电池里，然后再通过控制电路将内置蓄电池的电能转换成5V或6V的直流电压对有关设备充电。

上述充电器有一个明显的缺陷，充电时必须使用专用的连接线，比如给手机充电，不同的手机因接口不同要用不同的连接线，而这些连接线是手机不配备的，充电器一般只配备常用的几根连接线，见图1，因此使充电器的使用受到了限制。笔者设计的这种太阳能充电器克服了这一缺陷，它将太阳能充电器内部蓄电池的5V直流电通过直流变换器变换成250V的直流电输出，现在大部分手机等设备的充电器均使用开关电源，可以直接接在250V的直流电上充电。

电路工作原理

太阳能充电器电路见图2，由太阳能电池、蓄电池、控制电路和直流变换器四部分组成。

太阳能电池在使用时由于太阳光的变化较大，其内阻又比较大，因此输出电压不会很稳定，输出电流也小，无法直接对直流变换器供电，有阳光时是先通过它对蓄电池进行充电，然后再用蓄电池作直流变换器的工作电源。这里用4节5号镍氢电池作蓄电池，为了防止镍氢电池过充电和过放电，用单片机做控制电路。

一、单片机控制电路

单片机控制电路的核心是单片机PIC12F675，关于它的介绍见《无线电》杂志今年第2期的有关文章。PIC12F675的7脚作模拟信号输入端AN0使用、5脚作充电控制电压输出端GP2、3脚作直流变换控制电压输出端GP4、2脚作脉冲信号输出端GP5使用。这里A/D转换器的参考电压选择6脚VREF引脚输入的模拟电压。参考电压由三端可调式分流基准源芯片TL431产生，参考电压为2.5V。

接通电源开关S1后，PIC12F675将根据AN0输入的模拟电压来确定GP2、GP4、GP5的输出状态。PIC12F675的程序对AN0输入的模拟电压设置了3个阀值：过充电压、过放断电电压和恢复放电电压。当AN0输入的模拟电压小于过充电压的阀值时GP2输出高电平，VT2、VT1依次导通，太阳能电池向蓄电池充电，反之GP2输出低电平，VT2、VT1依次截止，停止充电；当AN0输入的模拟电压大于恢

图1 需配备各种连接线的普通太阳能充电器

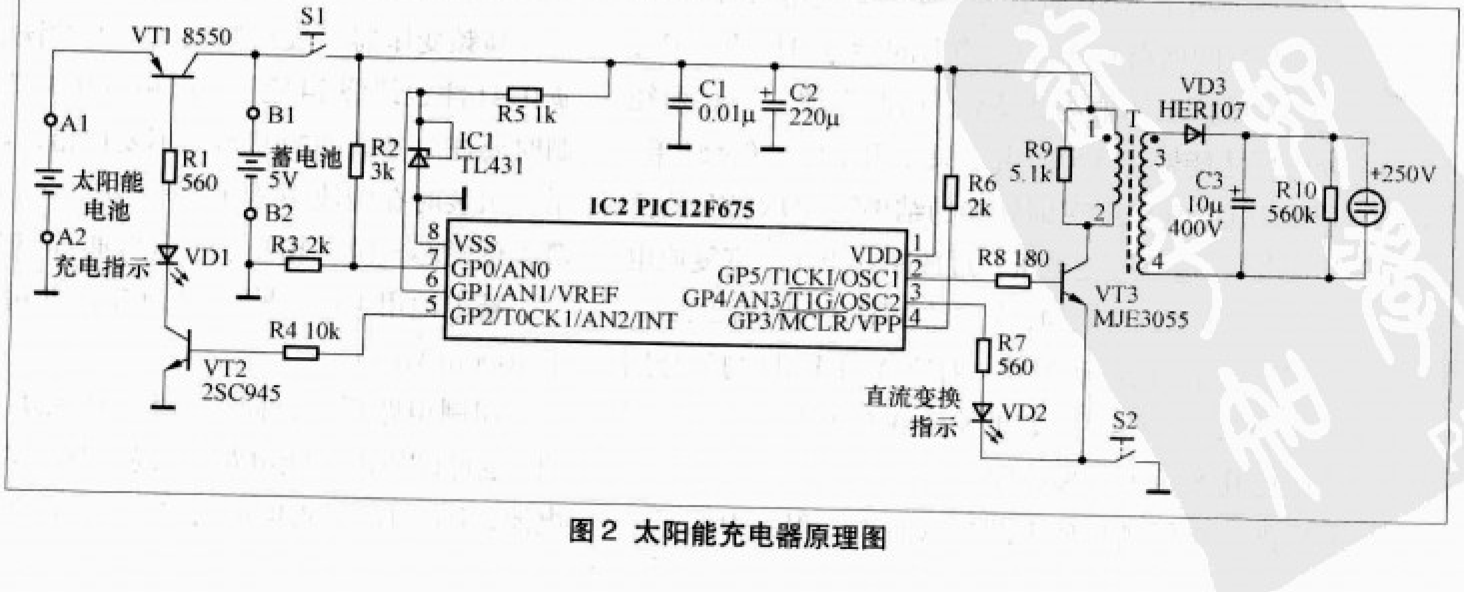


图2 太阳能充电器原理图

复放电电压的阀值时GP4输出高电平，GP5输出脉冲信号，这时如果开关S2处于闭合状态，则直流变换器工作；随着电池电压的下降，当AN0输入的模拟电压小于过放断电电压的阀值时GP4、GP5输出低电平，直流变换器停止工作，并且要待电池电压经充电达到恢复放电电压的阀值时才能重新工作。

发光二极管VD1、VD2作相应的工作状态指示。

二、直流变换器电路

现在手机等设备的充电器一般都使用开关电源，开关电源输入电路先把交流电整流变成300V的直流电，因此我们将它接在300V的直流电源上也能够正常工作。由于开关电源的工作电压范围比较大，这里取直流250V作为其工作电压，直流变换器的作用就是将5V直流电转换成250V的直流电供这类充电器使用，这类转换方式比将5V直流电转换成220V、50Hz的交流电要方便得多。

直流变换器采用单端正激式变换电路，这种电路的输出电压由输入电压和高频变压器的初、次级线圈圈数比决定，输出电压比较稳定。开关管VT3由GP5输出的脉冲信号驱动。当GP5输出高电平时VT3导通，高频变压器T初级线圈的感应电压为1正2负，次级线圈为3正4负，整流二极管VD3导通，经电容C3滤波后得到约250V的直流电向负载输出；当GP5输出低电平时VT3截止，次级线圈为3负4正，VD3截止，初级线圈的反压通过R9吸收。

S2是直流变换器电源开关，平时250V直流电输出端不接负载时应将此开关断开。

软件设计

程序由主程序、定时中断服务子程序和A/D转换子程序三部分组成。主程序主要进行初始化。

定时中断服务子程序使用了定时器/计数器Timer0，根据程序设计其定时时间为50ms。定时中断服务子程序的作用为每过50ms产生一次中断，测量一下电池的电压，以确定GP2、GP4、GP5的输出状态。

A/D转换使用了AN0通道，转换结果使用A/D转换器10位二进制数的前8位，A/D转换器的参考电压为2.5V，能转换的最大模拟电压值为2.5V。因此电池电压必须经R2、R3分压后才能输入AN0，由于只使用了8位转换结果，当输入的模拟电压值为2.5V时转换的结果即ADRESH的值为0FFH（255），这里过充电压、过放断开电压、恢复放电电压分别设定为5.8V、4V、4.8V，经分压后分别为2.32V、1.6V、1.92V，因此按比例计算，对应ADRESH的值分别为0EDH、0A3H、0C4H。如果要改变有关电压值，只需改变程序中这几个相关的参数即可。

当蓄电池的电压满足放电的要求时，主程序中的无限循环产生50kHz占空比为0.5的脉冲信号，由GP5输出，否则GP5输出低电平。

烧写程序时要设置配置位，以TOP2005编程器为例，配置位的设置见图3，这里勾选表示0，对于其他型号的编程器，设置时可以以此为参照。

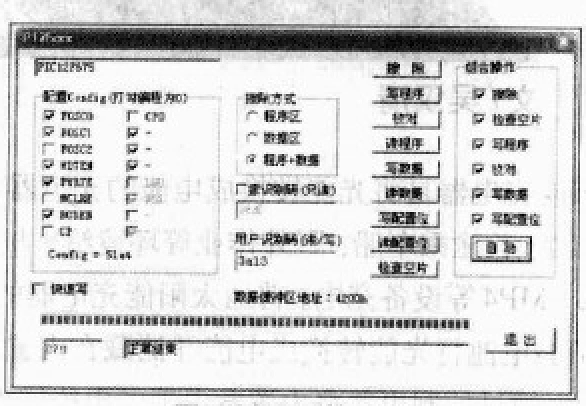


图3 配置位的设置

安装调试

太阳能电池板使用4块面积为6cm×6cm的硅太阳能电池板，外形见图4。每块电池板的空载输出电压为4V，当工作电流为40mA时输出电压为3V。这里采用先两两串联再并联的连接方式，这种接法的负载能力为6V、80mA，读者可根据你能购买到的太阳能电池板规格决定使用的数量和联接方法，为了加大工作电流也可以多使用几块，只要保证空载时输出电压约为8V即可。

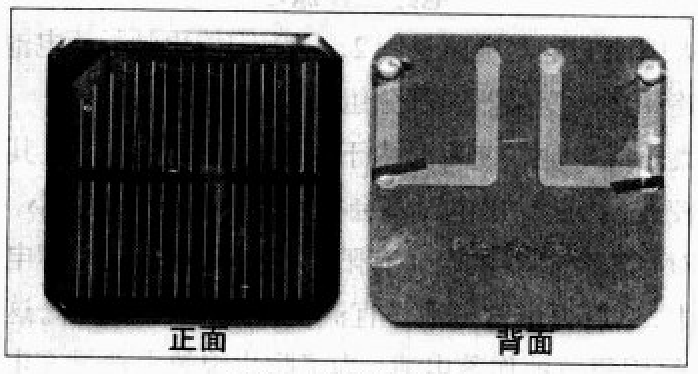


图4 太阳能电池板

VT3要求$I_{cm}>5A$，h_{EF}为100左右，$V_{ceo}>60V$，这里选择了MJE3055。

高频变压器T要自制，用E16的铁氧体磁芯，初级用ϕ0.41漆包线绕14匝，次级用ϕ0.1漆包线绕750匝。绕制时要注意各线圈的起始端不要搞错，以免输出电压不正常。组装时在两块磁芯间垫一层厚度约为0.05mm的塑料薄膜作磁芯气隙，相当于一张普通打印纸的厚度。

蓄电池用4节5号镍氢电池串联使用，最好选用容量大于1600mAh的。

印制电路板图正面见图5，如果嫌制作印制电路板麻烦，也可以使用万能电路板安装。图中点A1、A2接太阳能电池，B1、B2接蓄电池，S1-1、S1-2接开关S1的两端，

太阳能电池的发展历程

文/张晓光

世界上第一个发现光生伏特效应现象的是法国人E.Becquerel，1839年他在实验室里首先发现特定的液体在光的照射下能产生伏特电压，并简称这种电压为光－伏电压，此后人类就从未停止过对光伏发电的研究与应用，1883年美国发明家Charles Fritts描述了第一片硒（Se）太阳能电池原理，1921年德国物理学家爱因斯坦由于在1904年提出了解释光电效应的理论获得诺贝尔（Nobel）物理奖，此后很多科学家研究和发现了不同的半导体材料具有光伏效应的现象和理论。

对现今太阳能电池的实际应用起到决定性作用的是美国贝尔实验室的三位科学家关于单晶硅太阳能电池的成功研制，这一理论、技术、工艺和方法在太阳能电池的发展历史上起到了里程碑的作用。1954年贝尔（Bell）实验室的研究人员D.M.Chapin、C.S.Fuller和G.L.Pearson报道发现了转换效率高达4.5%的单晶硅太阳能电池，几个月后将转换效率提高到了6%，1957年Hoffman电子的单晶硅电池转换效率达到8%，D.M.Chapin、C.S.Fuller和G.L.Pearson获得了“太阳能转换器件”专利权，1959年Hoffman电子实现了转换效率达10%的商业化单晶硅太阳能电池，1960年他们将这一电池的转换效率提高到了14%。南京中电旅奥学者赵建华博士曾在澳大利亚率领研究小组，设计制造出高效的硅太阳能电池，分别将单晶硅和多晶硅太阳能电池的光电转换率提高到24.7%和19.8%，连续15年保持了世界最高转换效率水平。迄今为止，世界上各大太阳能电池生产厂已经可以生产出转换效率高达17%以上的商品化量产的单晶硅太阳能电池。可喜的是我国民族工业在这一领域已有了长足的发展，在国内乃至世界范围内有着广泛影响力的企业有无锡尚德、南京中电电气和保定英利等一些知名企业。

由于太阳能电池生产、制造的复杂性，导致了其价格不菲。早期其应用领域多是国防军队和通信卫星，随着制造业及自动化和现代化生产技术的成熟和发展，应用技术的广泛普及，太阳能电池的生产成本也大幅度的降低，从最早（1955年）的14mW/片需25美元到2008年初每瓦约为28元人民币，可见太阳能发电已经走进了我们的生活。小到人们生活中用到的太阳能手电筒、手机充电器，草坪灯、景观灯、路灯，大到太阳能通信基站、太阳能光伏电站，无处不显现出太阳能电池的魅影。

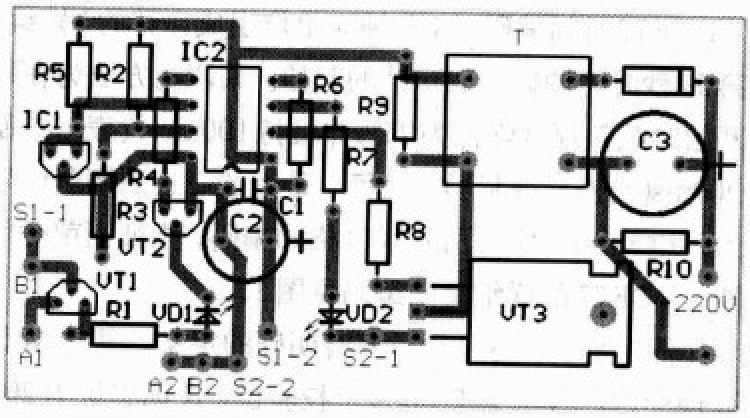


图5 印制电路板

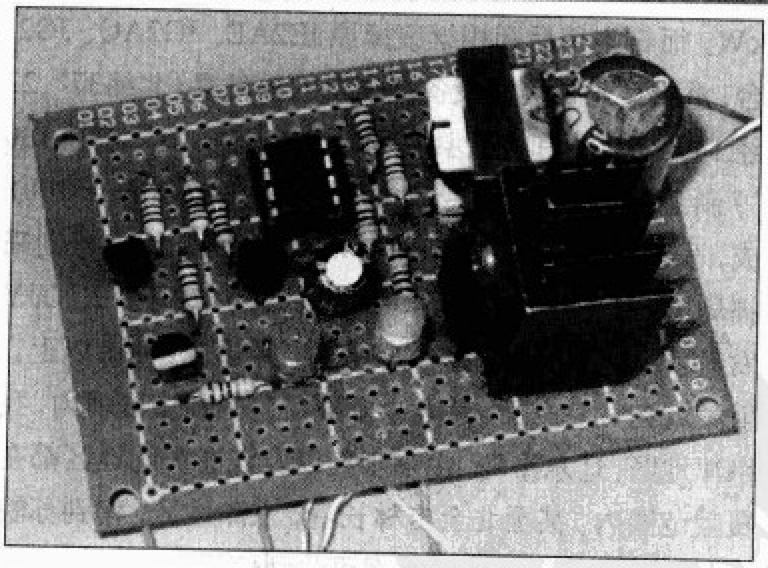


图6 安装好的电路板

S2-1、S2-2接开关S2的两端。安装好的电路板见图6，250V输出接一个双孔的电源插座。

安装完成后，接上太阳能电池板，并将其放在阳光下，打开S1给电池充电，待电池充足电后再接通S2进行直流变换，在没有负载的情况下直流输出电压略大于250V，接上一个手机充电器后电压会略有下降。有些开关电源充电器的输入端使用半波整流电路，这时接在250V直流电源上使用就有方向性了，如果插上后充电器不工作，只要插头换一个方向插就行了。

编者按：本刊近期陆续刊登文章介绍了数字钟的校时和电波钟的相关知识及市场状况，分别见《能自动校时的电波钟表》(2008年第5期)、《数字钟的自动校时》(2008年第4期)，引起了很多读者的研究兴趣。但大多苦于缺乏详细资料而无从动手，因此编者邀请本文作者整理了一些相关技术资料与读者朋友分享、交流。

电波钟及其系统设计

文/唐黎明

自从1950年代德国在法兰克福附近的Mainflingen建立了世界首台长波授时电台DCF77并随后于1986年发布第一款商业用途的电波钟（RCC-Radio Controlled Clock）以来，世界各国迅速跟进并发展了各自的民用长波授时技术，相继建立了英国的MSF长波授时电台、美国的WWVB（载频为60kHz），日本的JG2AS以及瑞士的HBG台等。所有这些授时台都是通过在标准授时中心内的铯(或铷)原子钟产生标准时间。例如，铯原子钟利用铯133原子在真空下每秒震动9192631770次，通过对此时钟源进行分频产生实时的标准时间信息，如年、月、日、时、分、秒、毫秒、微秒等。然后将标准时间信号传送给时间编码发生器编码，编码后的时间信号通过调制器调制到长波载波信号(40kHz～80kHz)上，经过功率放大器将信号沿传输线传送到天线塔发射出去。由于授时信号属于长波信号，因此主要以地波形式沿地球表面传播。在日本，电波钟拥有40%的市场份额。美国政府更制订了三阶段的升级改造计划，将原WWVB电台的设备更新，辐射功率从13kW增至25kW，后又增至50kW。而日本稍后则相继废掉原JE2AE、JG2AQ、JG2AS电台，重新又购置美国设备在东京的福岛县(北纬37°22'，东经140°51')和左贺县福冈（北纬33°28'东经130°11'）新建两个大功率台。其中位于福冈的九州局于2001年建成，发射呼号为JJY60，发射频率为60kHz，信号则采用与福岛局（JJY40，载频为40kHz）一样的编码制式。JJY60的发射功率达50kW，其有效覆盖半径达1500km以上。因发射站就在黄海东面，其大半个覆盖范围在中国境内，我国的京津地区、辽东半岛，山东半岛以及江浙沪闽地区都在有效覆盖范围内，甚至北至吉林长春，京津地区，南到苏皖两省及闽东粤北、台湾地区等都可收到信号。

我国国家授时中心(陕西天文台)和国内外有关企业合作，致力推动中国电波钟的发展。1994年完成可行性论证；1999年建成每天可工作5小时的试验台(发射呼号“BPC”)；2006年国家授时中心在河南商丘建设并试运营“国家授时中心低频时码连续发播台”，2007年8月29日正式商用。河南商丘台的主要技术参数如下：

1. 台址：河南商丘（天线坐标：北纬34.457°，东经115.837°）；发播时间：连续24小时；授时精度：±0.1ms。

2. 频率：国家无委批准的68.5kHz，发射带宽±1kHz；全固态发射机；伞状单塔发射天线，发射功率100kW；辐射半径达天波3000km，地波1000km。

但是，由于专利保护和商业操作等原因，我国的BPC时间编码至今还未正式公开，也是世界上唯一未公开的时码授时编码。另外因其编码方法与目前主流RCC有些区别，因此现在国内爱好者只能针对日本的JJY60信号进行研究。而另一方面，因为德国的DCF信号编码完全公开且最具代表性，而且其国土面积小于半径500kM，但50kW的发射功率使得有效接收半径达1500kM，足够覆盖整个欧洲，因而实际使用状态下对接收电路的灵敏度要求不是太高，在此我们主要针对DCF77信号和JJY60信号作进一步讨论。

DCF77时间编码以1分钟为单位组成完整的1帧编码，在第59秒时无调幅以表示帧的起始。其调制方法为在每一秒开始时载频幅度降低为25%并维持100ms(代表二进制0)或200ms(代表二进制1)，以每一秒上的二进制调制信号组合为一组59bit（最大）的BCD格式编码，指征当前时间和日期。DCF77的详细时间编码见图1。

如图1所示，每一秒位都有明确的定义。其中M位表示分钟标志；P1/P2/P3是3个校验位；R标志位为200ms时（bit=1）表示信号来自备用发射塔(特定接收机可自行调整接收方式)；A1为夏令时宣告位；A2为润秒宣告位；Z1、Z2为DST宣告，即当Z1=200ms为夏令时，Z2=200ms时为冬令时。而每分钟的第20s（S标志）表示时间代码起始位，即后续紧跟的就是当前时间代码，此前所有代码位备用。

由图可见，DCF77每一分钟内包含了完整的当前时间

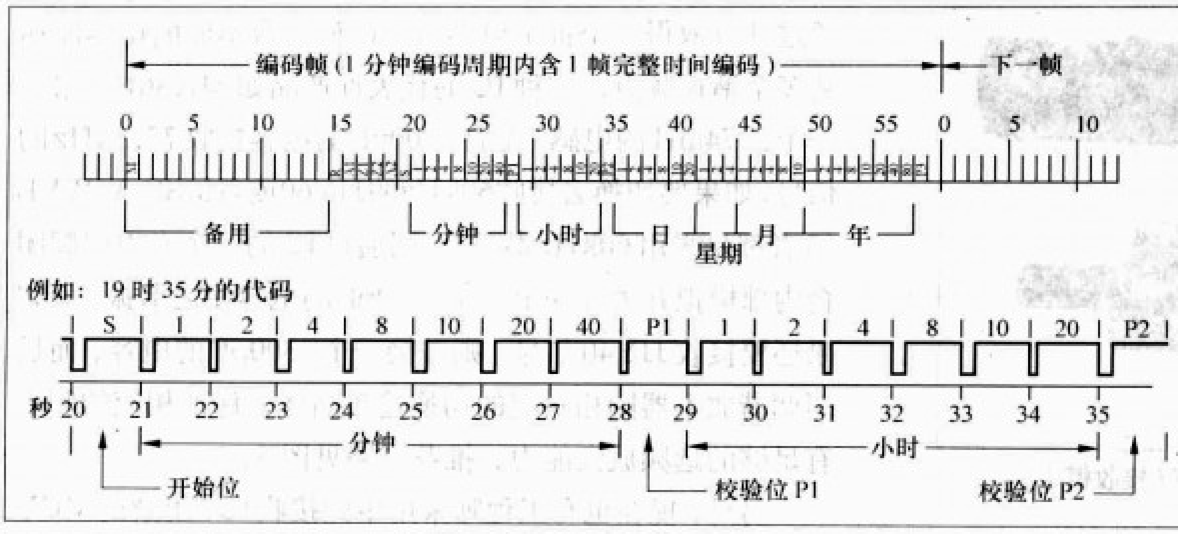


图1 DCF77信号编码格式

信息，因此接收机只要完整接收到一帧信号（1分钟），就可以获得当前时间以自行调整本机显示。因为发射载频是77.5kHz的甚低频信号，因此接收机需要采用低频磁棒线圈来接收信号，并采用专用的接收解码IC进行解码获得解调后的时间编码信号，然后由接收装置内的显示电路将标准时间显示在LED或LCD上，或由此标准时间控制其他装置（如机械式走时钟表或电脑等其他设备），确保了时间的准确性。

目前这类专用IC已经相当成熟，主要有Temic（已被Atmel收购）的T4225B/T4226B/T4227等，该系列IC市场占有率较高，耗电较小，但T4225B、T4226B外围器件较多。目前T4225B已停产。T4227与前面的型号在设计上有较大差别。另外还有C-MAX公司（HkW）的UE6002/UE6005等，虽然UE6005与T4227商标和芯片名称不同，但实际上设计使用的是同一芯片。目前国内还有几家不同型号的IC（如上海得倍的D631等）也是同样的情况。另外还有MAS-OY的MAS1016/ MAS1016B3/MAS1017/MAS9078等，具有低功耗、高灵敏度、外围元件较少的特点，可兼容UE6002/T4225B，最新设计的型号如MAS9078具有较高接收灵敏度。而其他如AK2124/AK2125/AK2127系列，则因市场占有率较低，知名度不够高，而日本Sanyo的LA1650/LA1651则因耗电较大（500μA），灵敏度不够高（1μV）而使用者极少。

上述IC的外围电路大同小异，一般都是采用的双极型工艺或Bi-CMOS工艺，以保证良好的模拟放大能力。IC都具有工作电压范围宽（1.1V~5.5V）、能耗低（待机时仅约数十微安）、灵敏度高（输入信号电压一般可达0.4μV或更低），以及自动增益控制范围大（放大倍数一般可达-40dB~+55dB）的特点。这也是由长波接收的特点而定的。通常芯片内部包括输入信号放大器、调谐放大器、自动增益电路、滤波器、解调器等。它通过接收天线接收授时中心发射的实时授时信号，由于信号较弱，且信号强度变化范围大，在专用接收芯片内要经过信号放大器对小信号进行放大，然后输出到调谐放大器进行选频放大、滤波。滤波后的信号由解调器进行信号解调，从载波中提取基带时间编码信号，最后输出到外部显示。

例如，T4227的内部电路框图如图2所示。天线采用平衡式输入，内部具有预放、选频、调谐放大、峰值检测以及比较放大器、输出驱动等。峰值检测电路用于提供适宜的AGC控制电压来调整前端电路的放大倍数，为了适应宽达1.1V~5.5V的输入电源电压，IC还具有内建的电源管理和偏压调整电路。

一般常用的磁棒天线如图3所示。尺寸有10mm×100mm、10mm×80mm、10mm×50mm、8mm×50mm、6mm×60mm、6mm×30mm等，扁形的则有4mm×20mm×60mm、4mm×20mm×100mm等。用于电波手表的则有3.7mm×23.7mm、3.4mm×19mm等不同系列，形状有圆形，方形，梯形。一般采用初导磁率达2000以上的Mn型锰锌铁氧体，这种磁棒工作频率比中短波收音机的磁棒更低，初导磁率更高，最重要是要求功率损耗更小，居里温度点也要求尽可能高。注意绝对不能用Ni型镍锌铁氧体，否则效率太低，接收灵敏度会大大下降。配套用于长波接收的天线需要比普通中短波磁棒天线具有更高的Q值和更高

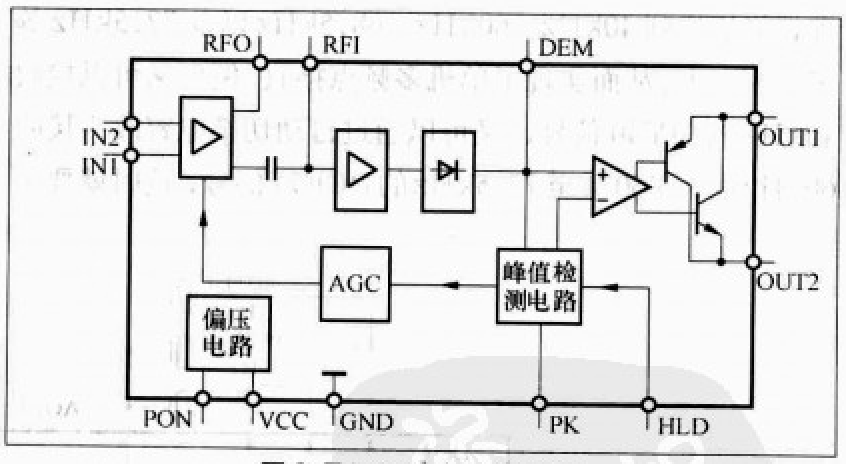


图2 T4227内部电路框图

图3 常用的磁棒天线

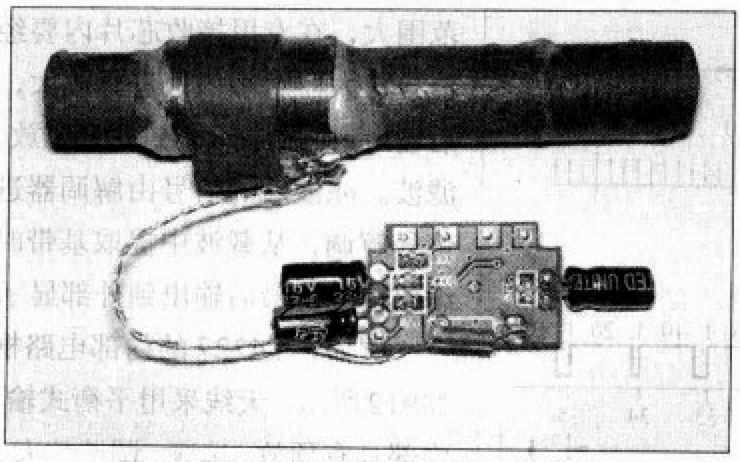


图4 采用T4227组装的DCF77接收模组

的导磁率。而另一方面，对天线线圈则要求具有高精度，高Q值的特点。

因接收电路的高灵敏性和高稳定性要求，一般在产品内部空间允许的情况下尽量采用截面积更大，更长的磁棒。而且通常将磁棒天线和接收电路组装成一个模组，以方便生产、测试和维修。一个采用T4227组装的DCF77接收模组如图4所示。对于DCF77的接收而言，磁棒线圈和线圈配合电容需要谐振在77.503kHz的标称频率上，为了保证适宜的谐振阻抗，通常电容选择范围在2000pF至6800pF之间。如果采用通常配用的2200pF的电容，线圈电感约需1.9mH。图4所示电感是采用 ϕ 0.23mm的单股镀银铜丝在 ϕ 12mm的骨架上绕约170圈，保证空载Q值达120以上，然后如图上所示电容与线圈用热缩管一起固定在磁棒上。

现在已经有一些新颖的IC实现了单个线圈配合不同电容就能切换到40kHz、60kHz、68.5kHz以及77.5kHz等多个频点上，从而实现了单机多频点接收，例如又可以接收40kHz的JJY40信号，又可以通过自动切换电容改为接收60kHz的JJY60甚至77.5kHz的DCF77信号，这时就要求通过计算取得一个折中电感值，以便配合不同的电容能达到多个谐振频点。这种IC的代表性产品如MAS6179采用一个2.74mH的电感，配合1500pF的电容接收77.5kHz的信号，如果要切换去接收60kHz的JJY60或者MSF、WWVB（3者都是采用60kHz载波），则通过IC的一个专用引脚闭合内部模拟开关并联上一个1000pF的电容使之谐振，而如果还要接收JJY40信号，则并接一个3300pF的电容。而后面调谐放大器则相对应的切换选频晶体，保证相应的频点有足够的选频放大能力。推荐电路见图5。

另外，现在也有工程师采用单频接收IC，用解码MCU控制场效应管模拟开关来并接电容，实现多频接收，效果大致与上面采用多频IC差不多，但是会带来明显的成本下降和良品率的提高。

这种电路要求更高的元器件精度，各频段之间互相影响，而且接收IC本身也比较昂贵。另外电感电容的取值往往需要采用折中数值，从而导致Q值和等效阻抗降低。因此整体设计和生产调试难度大大提高。

从图1的编码可以看到，其实电波钟的解码工作相当简单。影响产品品质的关键问题还是在接收部分的硬件设计。合理地选用磁棒天线、IC并进行PCB布线是保证接收效果的必要条件，对于发射功率50kW的DCF或JJY60而言，合理的设计甚至能够达到超过2500km的接收半径。

图6是笔者早年设计的一款DCF77接收电路。其成品大致如图7所示。解码主控芯片采用的是廉价的4位MCU——HT445A0，带LCD显示驱动。图上除了接收电路部分外，其他零件寥寥无几。电路具有自动接收DCF信号及校时，双路定时响闹，两地时间显示，贪睡功能以及显示语言切换、电池电压检测等等。配套的MCU程序请见本期配刊光盘中的DCF77clock.ASM，程序及其流程太过简单就不描述了。因为接收解码工作非常简单，因此MCU还有足够资源可以增加许多附加功能，例如指针式和数码式双显示、万年历功能、两地或多地时间显示、环境温度和湿度测

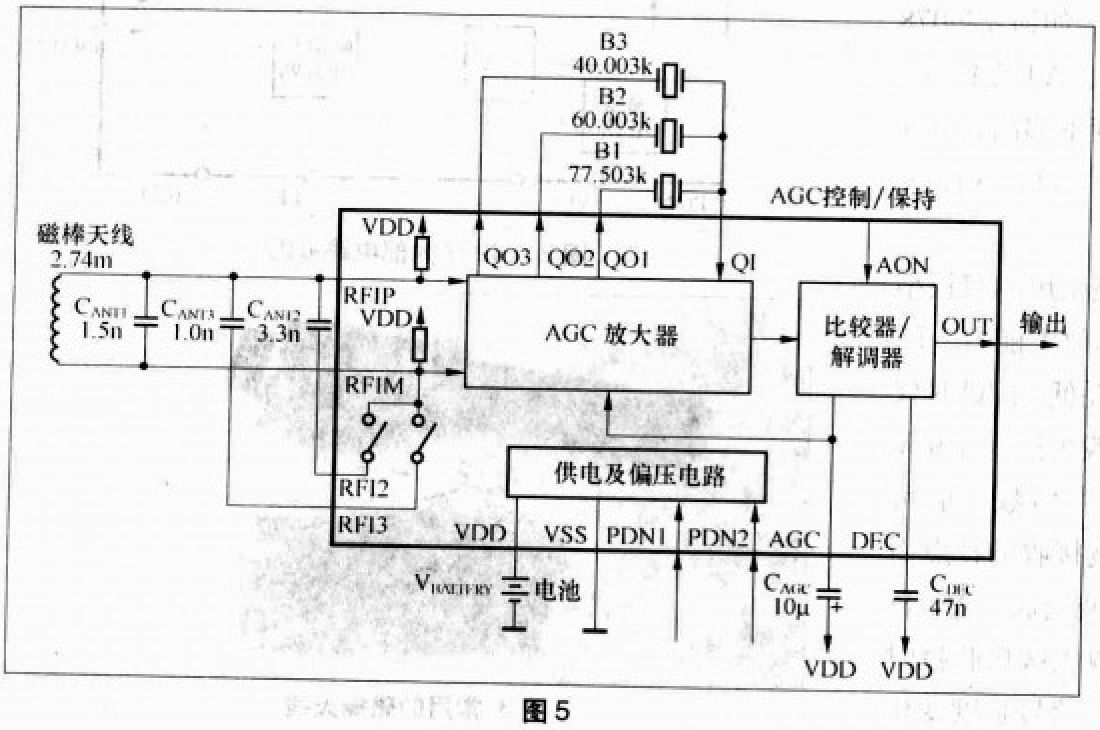


图5

图7

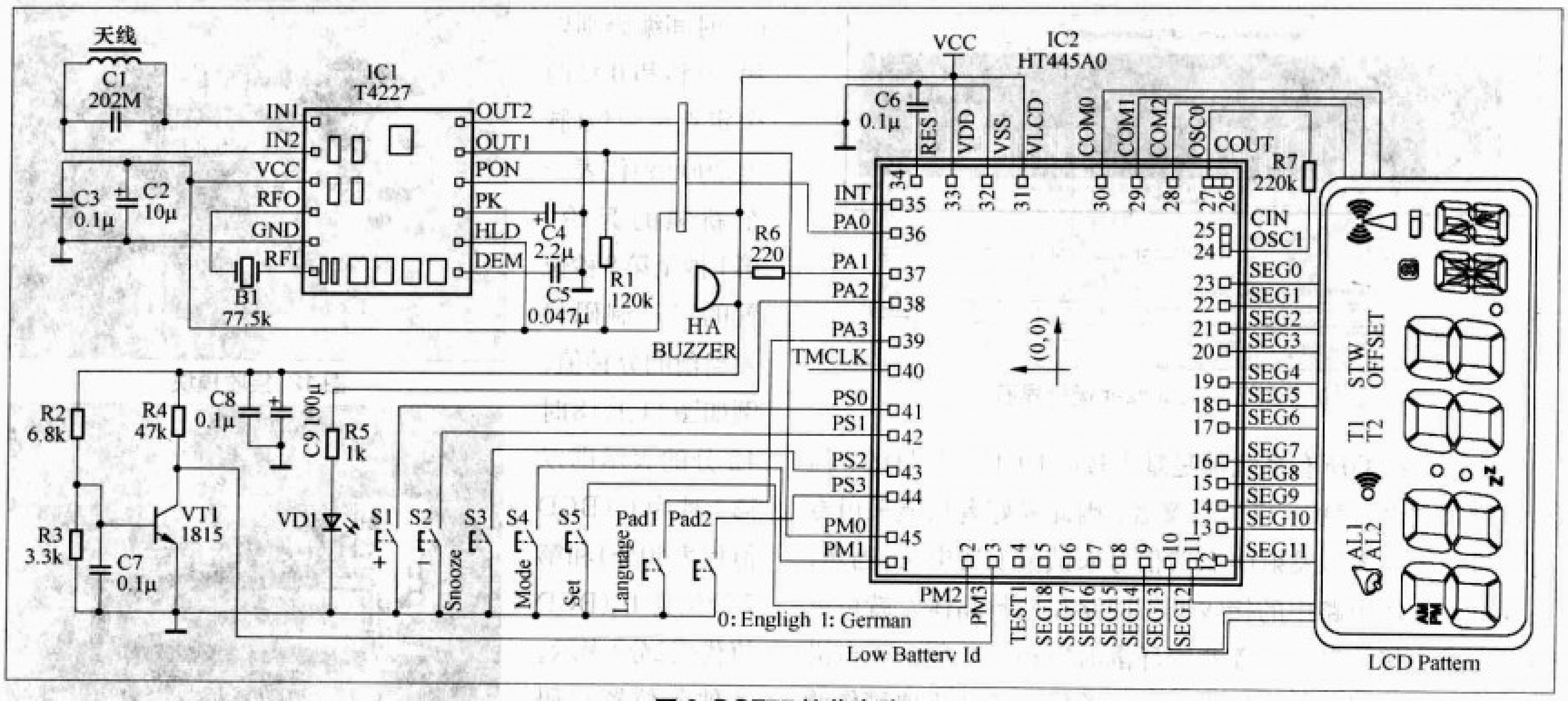


图6 DCF77接收电路

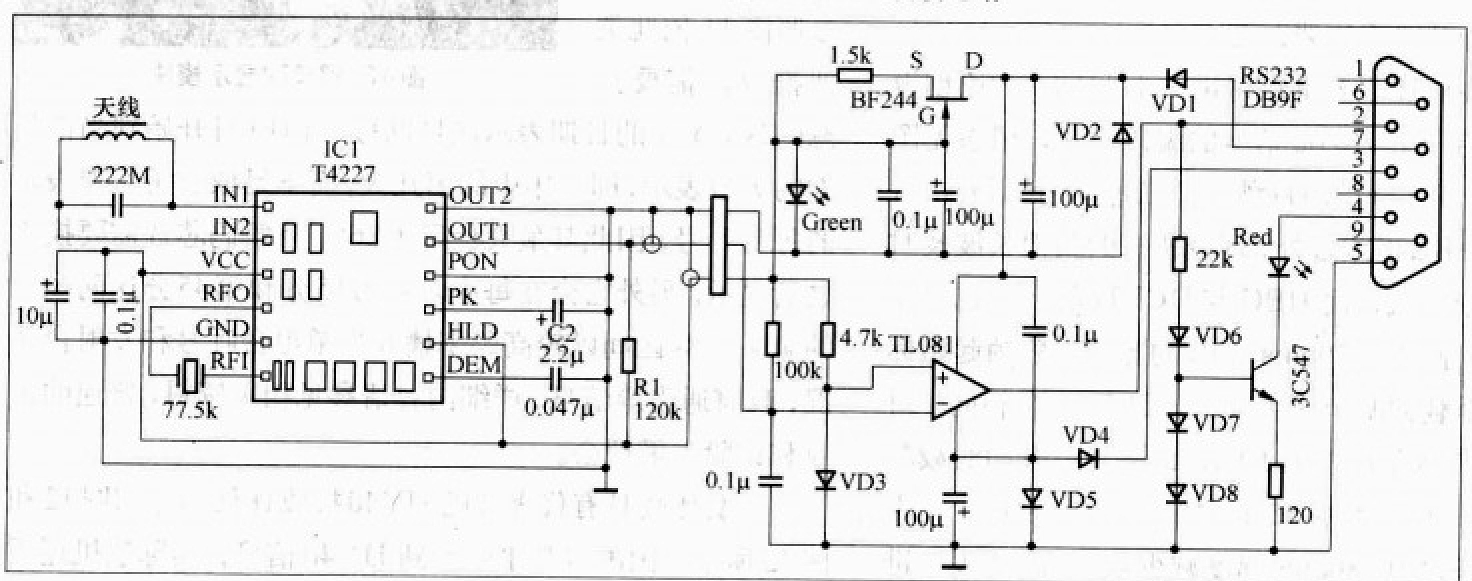


图8

量、带收音机控制或其他如家电电源控制、天气预报、酷热寒冷报警等。目前国内市面上也有一些类似功能的带JJY电波接收功能的钟表出售。

上面介绍的产品采用MCU解码LCD显示，作为一个单一的消费产品使用，而另一个应用功能就是做成一个电脑配件，连接在电脑的串口或USB口上用于同步电脑时钟或其他附加功能。可以很容易地采用串口调试程序读取被接收的数据，也可以自行编制程序在电脑上显示或用来同步当前电脑时钟。下面介绍Internet上的一款电路。其电路原理图如图8所示，实际样板如图9所示，也有人将这个电路做成了实际的产品，如网上有卖的Lindy DCF77模块，还附有相应的PC侧软件（参见www.giangrandi.ch/electronics/dcf77/dcf77.shtml，和rxcontrol.free.fr/DCF77/index.html）。该模组接收部分采用T4227组装的接收模组，电脑接口部分VD1/VD2/VD4/VD5/BF244及其附属电路串口取电供整个电路使用，TL081用于电平转换和阻抗匹配，绿色LED（Green）作电源指示兼稳压供接收模块使用，红色LED（Red）作信号指示，整个电路相当简单。自制完成后插在电脑上，从上述网站下载的DCF77_32.exe这个DCF77解码程序，可以实时显示当前接收信号状况。而electronic-engineering.ch/microchip/projects/dcf77_test/dcf77_test.html网站上的DCF77-Visualizer.zip内部包含一个Excel文档，文档内有详细的解码算法，可以直观显示每一个Bit的信号值和解码值。其运行界面如图10所示，读者可以借鉴Excel内的算法函数自己编写相应的PC程序，也可以下载www.treiberupdate.de/treiber-download/download-41484-treiber- Lindy-LINDYDCF-77RadioClock.html中的Lindy DCF77驱动程序和WinCLK.Zip内含的通用接收程序来试验上述电路。

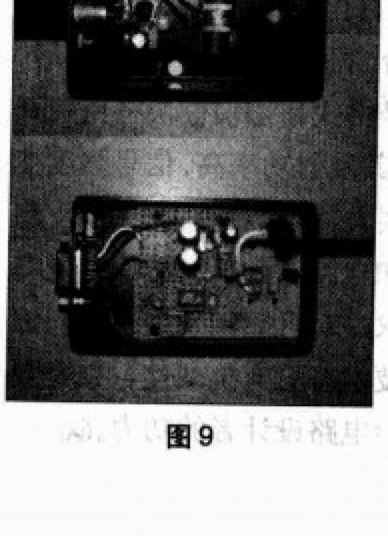


图9

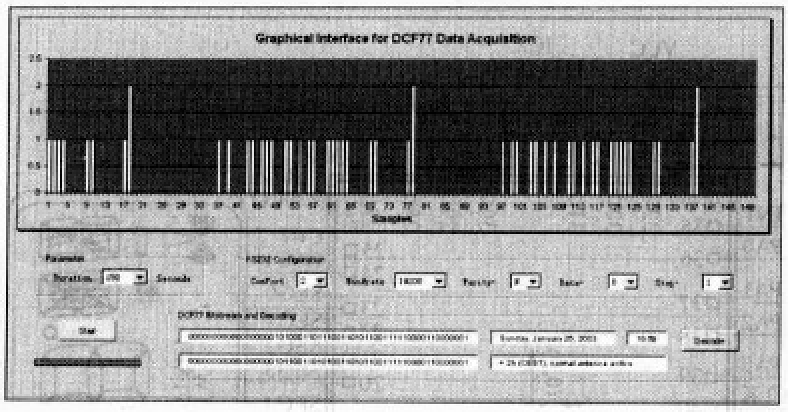


图10 DCF77 Visualizer运行界面

以上介绍的所有系统都是基于接收DCF77信号的，但是目前我国没有DCF77信号覆盖，因此爱好者只能采用专用信号发生器模拟发射DCF77信号来试验上述电路。当然，只要更改上述电路中的接收谐振回路和选频晶体，就可以很好地适应接收目前覆盖我国环渤海湾和长三角、闽台沿海的JJY60信号。而电脑端的程序除解码算法需要稍作调整之外，其他部分几乎不需要改变。

当然，我们在此还是要重点讨论一下JJY60的原创设计方案。首先介绍一下JJY60信号的编码格式，请参见图11，JJY60也是采用1分钟内每秒一位二进制的编码方式，其实除了瑞士的HBG格式之外，现今所有的其他长波授时编码都是采用这个方式，而HBG与DCF77的区别也仅仅在于采用了0秒位置两个200ms 50%的脉冲代表帧起始标志，其他编码甚至载频调制深度都与DCF77完全相同。对于JJY60格式，其调制深度为10%，即每一秒开始时载频幅度为100%，在一秒开始后500ms幅度减少至90%，代表二进制1；在一秒开始后800ms幅度减少至90%，代表二进制0；在一秒开始后200ms幅度减少至90%，代表定点位或分钟起始位，图10所示有比较直观的描述。对应检波输出(MCU输入信号)则可以以每个脉冲下降沿为秒计时起点，而脉宽500ms即记为二进制1，脉宽800ms即记为二进制0。时间编码则以第59秒和0秒两个定点标志位(脉宽200ms)代表一个新帧的起始，第1秒至第8秒位置的二进制码代表当前的分钟值，例如图11上18时42分的表示即以第1秒为1（BCD值代表40分）和第7秒位为1（BCD值代表2分）表示。其他各位置代码参照图11依此类似推算。需要注意的是JJY60的日期表示法是以每年1月1日开始到当前日期的天数表示，即一年中的第几天，而不是依公历习惯表示的每月几号，因此其最大代码为366，且解码芯片需要换算之后显示。另外它会在每小时的第15分和第45分这两帧内的40s～48s区间以较高码率播发当前电台呼号和发射台状况，政府通告等信息，详细内容请参见相关资料，普通的接收和试验不需理会。

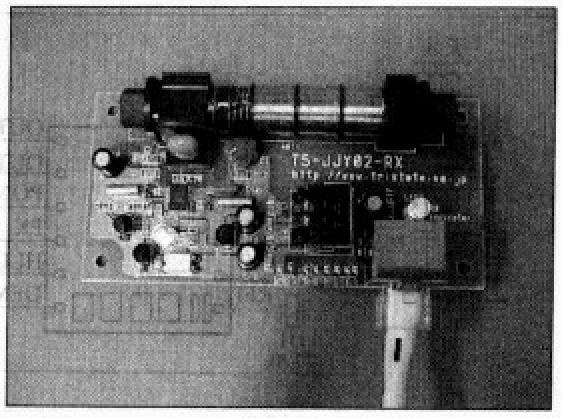


图12 接收模块

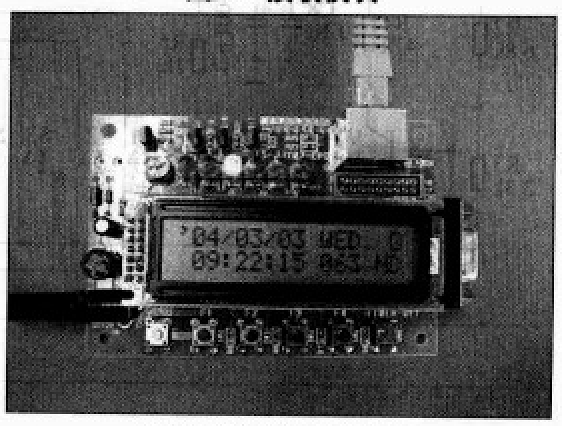


图13 解码和显示模块

一套比较具有代表性的JJY40接收评估套件如图12和图13所示。因国内几乎收不到JJY40信号，实际装机还需要将其更改为接收JJY60的系统（只要相应更改磁棒天线和B1、B2两个石英晶体使其接收载波频率由40kHz调换为60kHz即可）。电路中的PIC MCU控制程序以及详细制作见www.tristate.ne.jp/rf-clock-v2.htm。

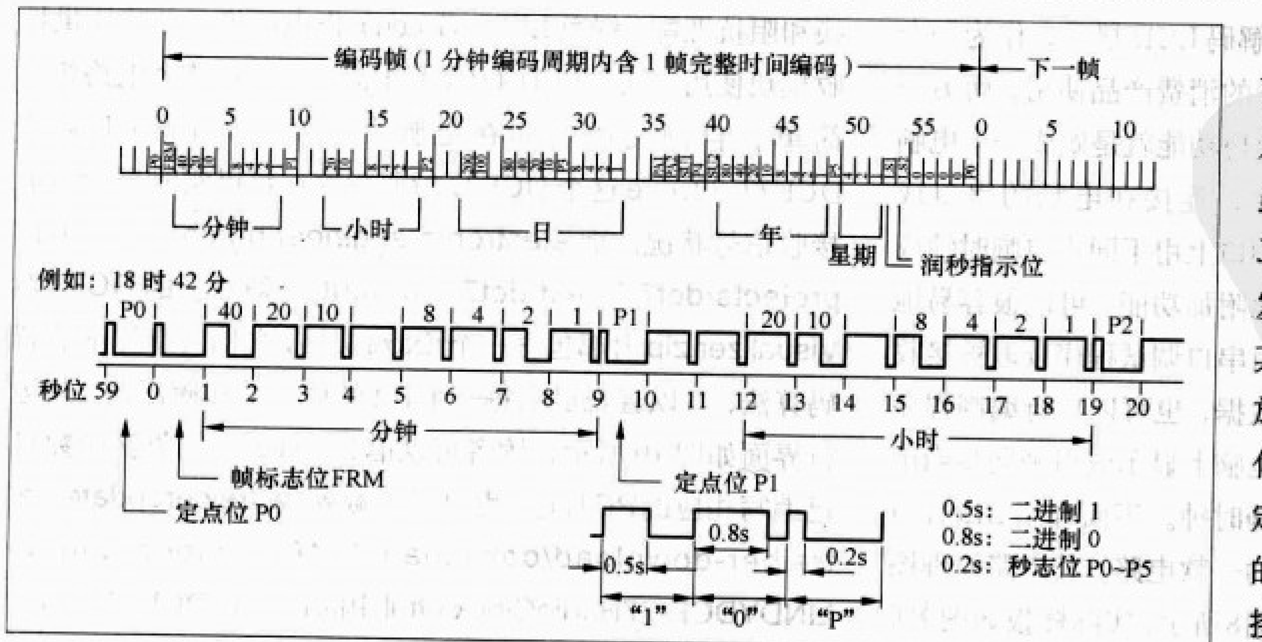


图11 JJY60信号编码格式

上述介绍了目前世界主要的两个电波钟电台的详细情况，以及举例说明了对应的设计方案。虽然中国爱好者目前只能研究JJY60，但对于中国现有的BPC发播台，相信随着市场不断发展，其信号格式和协议很快将免费开放。因其发射功率高，信号强度变化范围大，因此对接收灵敏度、稳定性和电路AGC能力都有更高的要求，对巩固和发展现有长波接收技术将更有挑战性，也将更加考验电路设计者的功力。

USB接口来电显示器

文 / 周长锁

电话上的来电显示器一般只能显示来电号码并记录几十个来电号码及其来电时间。本文介绍一种来电显示器，通过USB接口供电并能把来电号码传送给电脑。电脑上的软件可以把来电信息记录到数据库供查询，同时根据设定可以显示已编辑好的对应号码的信息，如单位名称或个人姓名等文字信息，还可以播放预先录制好的语音，如“XXX来电话了！”等，作为个性铃声。

一、电路设计

来电显示器电路原理图见图1，主要由USB转串口芯片CP2102和FSK制式主叫号码显示识别电路HT9032C组成。

CP2102是美国Silicon公司推出的USB-UART桥接电路，该电路内置振荡器，外围元件少、电路简单、功能强大，采用QFN-28封装，尺寸仅为5mm × 5mm，占用空间小。通过厂商提供的驱动程序将电脑的USB口虚拟成COM口。CP2102的引脚GND、D+、D−、VBUS和REGIN直接接入USB接口J1，VDD是内部3.3V稳压输出，外接去耦电容即可。CP2102异步串行数据总线（UART）只用到了RXD，接收来电显示数据。

J2和J3是标准的6P2C电话线接口，可方便地并接入电话。C5、C6、C7、C8起到隔离电话线直流的作用。C5、C6、R1、R2用于采集来电显示数据，输入到HT9032C的引脚TIP和RING。C7、C8、VD1、VD2、VD3、VD4、R3、R4、R5构成振铃检测电路，输入到HT9032C的引脚RDET1、RDET2。在没有来电话时R6给C4充电，把$\overline{\text{RTIME}}$、PDWN拉至高电平，HT9032C进入节电休眠状态。当振铃时，$\overline{\text{RTIME}}$输出低电平，PDWN被拉低并保持一段时间，此时芯片振荡器起振，开始工作，接收到来电信息时会把解码后的串行数据通过DOUTC发送出去。

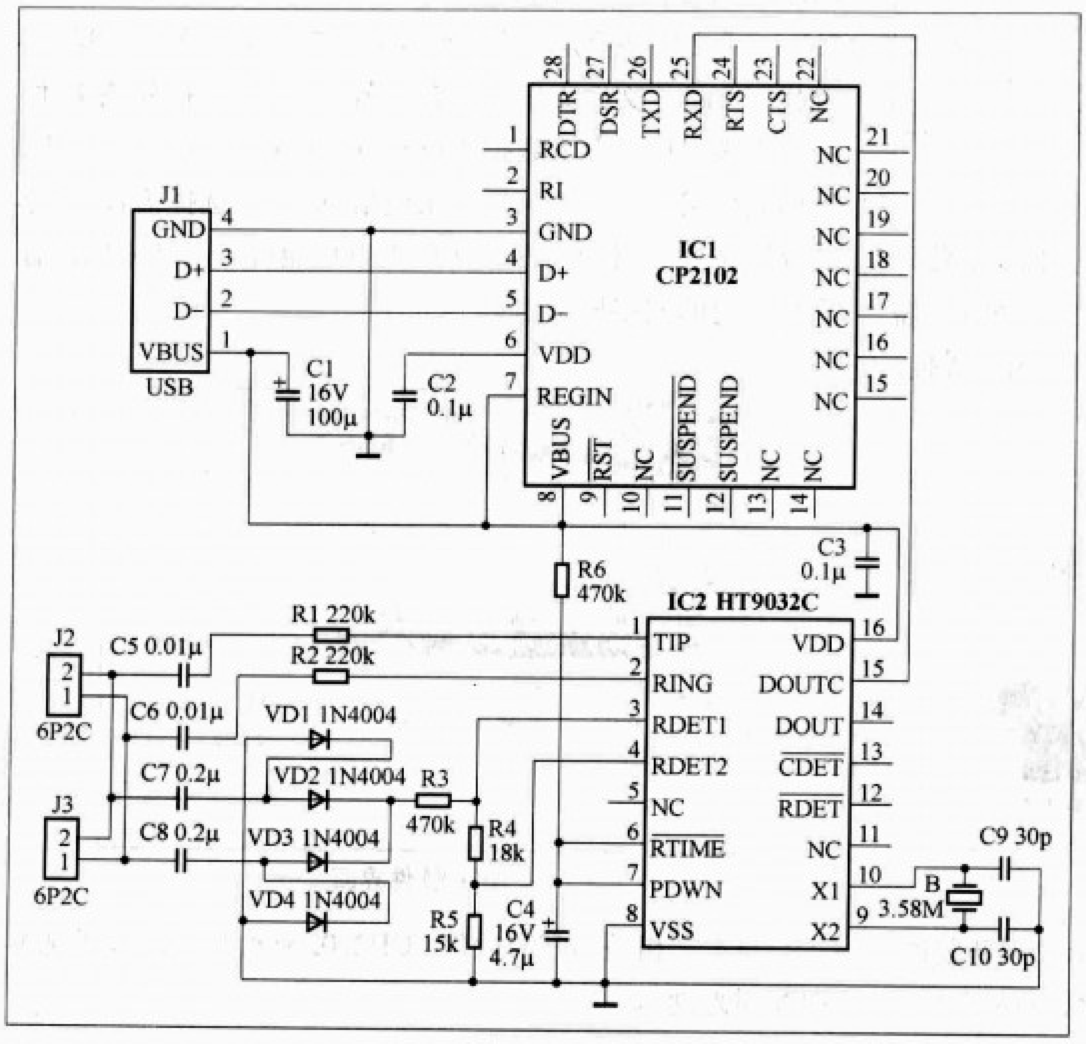


图1 来电显示器原理图

二、来电显示解码

我国主叫号码显示（CID）使用FSK制式，主叫识别信息在第一次振铃和第二次振铃之间由交换机发送到开通来电显示业务的被叫用户电话。HT9032C解码时序见图2，振铃时，$\overline{\text{RTIME}}$变低电平，检测到振铃信号后RDET变低电平，PDWN是外部控制信号，变低后解码电路才开始工作。检测到来电信息数据后，CDET变低电平，DOUT输出原始数据，包括信道占用信号、标志信号和串行数据，其中信道占用信号由一组300个连续的“0”和“1”交替组成，标志信号由180个“1”组成，DOUTC则直接输出有效的串行数据，数据具体格式见附表。其中日期、时间和号码数据为ASCII码格式，根据附表中举例数据可以得到来电日期为06月01日，时间为14：25，电话号码是2575666。

HT9032C通信波特率是1200，每字节的起始位是1，结束位是0，中间8位是信息，无奇偶检验。调试时发现在发送正常数据之

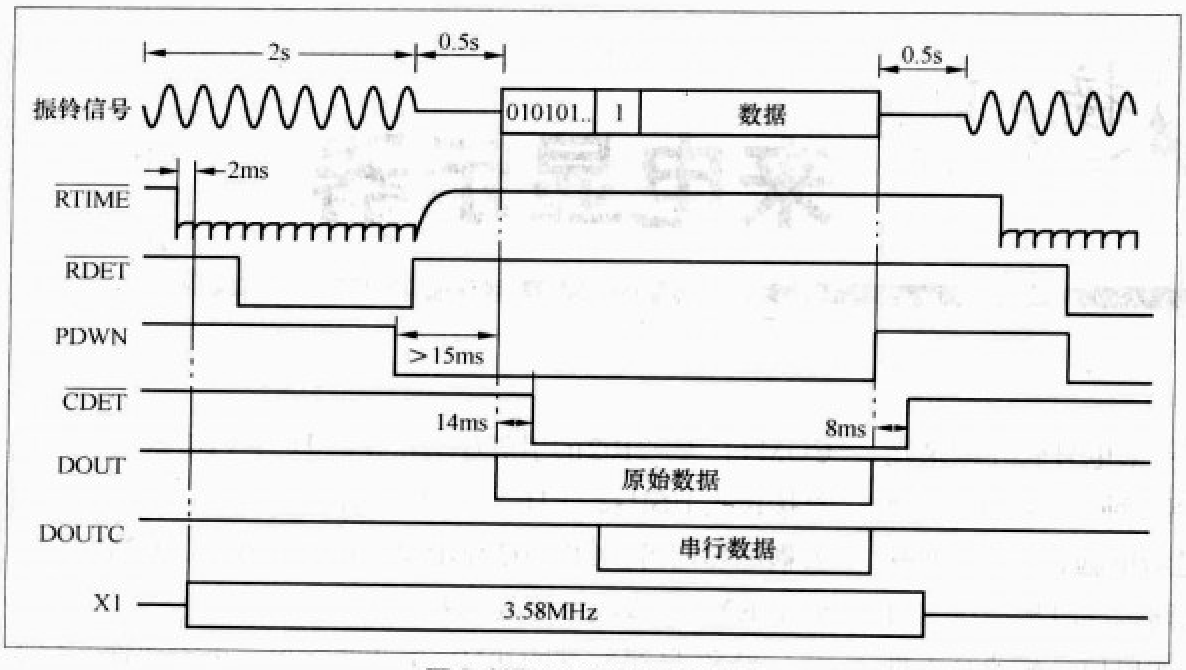


图2 HT9032C解码时序图

后和下次振铃之前这段时间内，还会发送一些杂散数据，在接收数据时可以根据消息长度，确定有效数据长度，舍弃无效数据。

附表 有效的串行数据格式

格式		字节数	说明	举例
消息	消息类型	1	80H，解码方式	80H
	消息长度	1	所有参数的数据长度	13H（十进制时为19）
参数	参数1类型	1	01H，表示日期和时间	01H
	参数1长度	1	08H，日期和时间信息长度	08H
	参数1	8	月、日、时、分各占2字节	30H 36H 30H 31H 31H 34H 32H 35H
	参数2类型	1	02H，表示电话号码	02H
	参数2长度	1	电话号码长度	07H
	参数2	号码数	电话号码	32H 35H 37H 35H 36H 36H 36H
校验	校验和	1	前面所有数据按256的模求和再取补	53H

三、安装使用

电路板制作好后放到小塑料盒内，实物见图3。电路只要元件完好、焊接合格，基本不用调试就可以直接使用。需要注意的是CP2102采用QFN-28封装，需要用热风枪焊接。

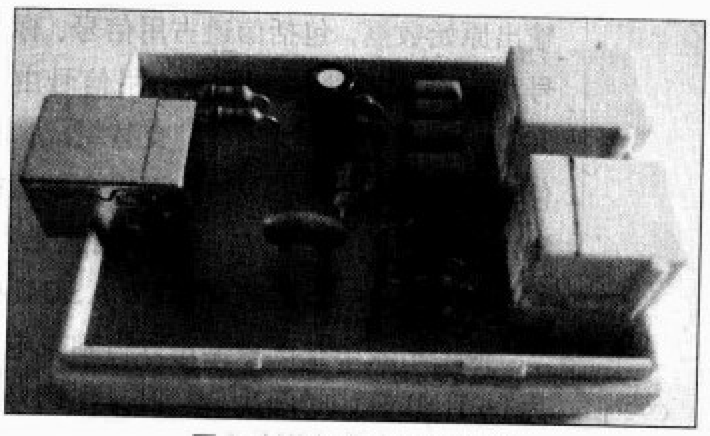


图3 制作好的来电显示器

将来电显示器接入电脑USB接口，会提示发现新硬件，取消提示，直接运行CP2102的驱动安装程序，安装完毕在设备管理器的端口项中会发现虚拟出的串口，串口号一般大于2。

接下来安装配套的软件，先把“来电显示”文件夹复制到电脑，打开文件夹，运行setup.exe开始安装，注意不要安装到C盘，而是要安装到“来电显示”文件夹内，否则程序运行会出错，软件运行需要文件夹内数据库配合。接下来要做的是打开WINDOWS附件里的“记事本”，输入某个来电时要显示的信息，然后保存到“来电显示”文件夹里的“Numb”文件夹里，文件名就是该电话号码，同样将其他号码都如此保存为含有需要显示信息的文件（txt文件）。如果想要在来电话时发出语音信息，可以打开WINDOWS附件里的“录音机”，录入语音信息，保存到“来电显示”文件夹里的“Music”文件夹里，文件名就是该电话号码，同样将其他号码都如此保存为含有语音信息的文件（wav文件）。

运行后的程序界面见图4，程序运行后自动搜索串口号，打开最大号码的串口，开始检测来电显示器发来的数据，如果串口号不对，可以重新选择后点击重设端口设定新的端口。收到来电数据后显示来电信息，根据来电号码查找“Numb”文件夹里是否有同名文件，有就显示文件内容，再查找“Music”文件夹里是否有同名文件，有就播放该文件。同时把来电信息存入数据库供查询，单击日历中的某一天，下面的表格就显示该天所有来电信息。默认选择语音，如不选择将不播放语音文件。保存来电功能可以直接编辑保存最新来电的文字显示信息。

图4 软件界面

与本文相关的配套软件、CP2102驱动和印制板图见本期配刊光盘。

PIC单片机入门解惑 问与答

文 / 钟闰田

随着经济的发展，人民生活水平的不断提高，单片机的使用范围越来越宽。从事此行业和向往从事此行业的人群在不断扩大。笔者自从做“PIC单片机学习网”技术支持工作以来，每天都要向不少门外汉或刚入门的朋友讲解一些单片机及如何学习的知识。在此，汇总一些经常被提到的问题，希望能对大家有所帮助。

Q：PIC单片机有哪些优势？

A：PIC单片机是MICROCHIP公司的产品，其突出的特点是体积小，功耗低，精简指令集 ，抗干扰性好，可靠性高，有较强的模拟接口，代码保密性好。在一些小型的应用中，比传统的51单片机更加灵活，外围电路更少，因而得到了广泛的应用。更有不少客户指定厂商使用PIC单片机；另外因其较少的指令及较强的实用功能更成为许多单片机初学者之首选品牌。PIC中低档系列单片机共有35条指令，非常有利于记忆和掌握，指令为单字节，占用程序存储器的空间小。大部分芯片有其兼容的FLASH程序存储器的芯片，支持低电压擦写，擦写速度快，允许多次擦写，程序修改方便。

Q: PIC单片机型号那么多，该怎么选择？

A：PIC单片机型号繁多，也成了其一大特色。各型号之间的主要区别在于内部集成的功能模块以及数量不同以及存储器空间的大小不一样。因此学会了一种，再使用其他型号是非常简单的事情，8位机各型号是这样，16位机各型号也一样。目前，大部分人都选择PIC16F877（A）作为首选的学习对象。究其原因可能有以下几点：（1）市场大部分人都这样认可，因此学习资料比较多；（2）PIC16F877（A）是中低档PIC的代表型号，因为它内部几乎集成了中低档型号内部的所有模块，只是数量和大小不同而已，因此掌握了它，可以说就掌握了中低档的所有型号。

Q：PIC16F5x与PIC16C5x的区别？

A：凡是带C的芯片都是OPT型的，也就是只能烧写一次，如PIC12C508、PIC16C54；凡是带F的芯片都是可以反复擦写的（电可擦），如PIC12F508、PIC16F54。功能上基本没区别。

Q: PIC16F877A与PIC16F877的区别？

A: PIC16F877A是PIC16F877的替代品，目前PIC16F877已经停产，PIC16F877A改进了生产工艺，降低了生产成本，增加了两路比较器。

Q：为什么在保存源程序的时候MPLAB提示“failed to save file”错误？

A：这是因为MPLAB软件不支持中文路径，如果试图保存的文件夹路径上有中文，将会出现这样的错误。其次保存的路径太深也可能出现这问题。

Q：怎样学习单片机？要多长时间？

A：这两个问题几乎是想学习的人问得最多的问题。我不知道是大家都急于掌握这门知识还是怎么回事？每次回答都是“看书－实践－再看书－再实践”，光看书光有理论知识不动手那只是纸上谈兵，不可能真正掌握，更不可能做出好产品来，光动手不看书也不行，不看书没有理论知识，那你就会不知道如何动手。只有理论知识跟实践互相结合相互验证才是通往成功的唯一道路（希望大家以后不要再问我这样的问题）。需要多长时间，那更是没有答案的问题，每个人的基础不同，每个人的领悟不同，每个人动手能力不同，如果我告诉你有人一个星期就够了，你相信吗？你能够做到吗？心急吃不了热豆腐，还是脚踏实地一步一个脚印地前进吧，很多退休老人都能拿它开发出产品来，要相信自己也能成功。有信心你就成功了一半。

Q：选择汇编还是选择C语言？

A：这是个仁者见仁，智者见智的问题。两者各有各的优点和缺点。汇编语言写的程序实时性更高，占用资源更少，但移植性、可读性偏差；C语言计算方便，移植性和可读性强，但是占用资源多，实时性差，甚至有些功能C语言无法实现（如休眠命令就必须用汇编）。如果有能力，两者都掌握，在使用中扬长避短，那是最好不过了，如果做不到，选择一种并精通它，也是不错的选择。

Q：需要准备哪些学习开发工具？

A：编译器、仿真器、编程器和开发板。

首先，下载并安装原厂提供的免费开发集成开发环境MPLAB IDE，该软件不但是PIC单片机开发平台，更是集成了汇编语言编译器。具体可以到我们的网站下载（www.pic16.com）。如果要使用C语言编程，还需要另外安装C语言编译器；虽然很多高手说他们没有使用仿真器（又叫调试器、仿真机等）的习惯，但我还是建议如果你条件允许，最好准备一个，对学习开发会非常有用，这里特别推荐我们的PIC16-MCD2；编程器（也称烧写器，刻入器等）是把目标文件写入到单片机里必不可少的设备，在此同样推荐我们的QL-2006（专业烧写器，性价比高）；开发板虽然可以自己手工搭建，但是选择世面上的成熟产品，能在学习中避免很多不必要的麻烦，早日登人单片机殿堂。这里我们的QL-200单片机综合开发实验系统（功能强大，目前国内唯一一款带烧写功能的PIC单片机开发学习板）。

Q：芯片的配置位怎么设置？在哪设置好些？

A：芯片的配置位必须在烧写之前根据实际情况设置好，否则不但烧写进去的芯片不能正常工作，还有可能损坏芯片。如根据程序里是否有喂狗指令决定要不要使能看门狗；使用内部时钟还是外部时钟来选择振荡方式等。配置位可以在烧写之前采用菜单方式设置（一般编程器都会有该菜单）；也可以用__CONFIG _CP_OFF & _WDT_ON 的形式直接写到源程序里（注意最前面是双下划线）。推荐使用后者，因为这样做不需要每次导人HEX文件后都去设置配置位。

Q：PIC单片机分8位机、16位机，同时又分12位、14位、16位，这是怎么回事？

A：这是按不同的分类标准来分的，8位与16位是根据数据总线宽度分的。如果数据总线宽度为8位宽，就叫8位机，如果数据总线宽度为16位宽，就叫16位机；而12位、14位与16位是按照指令总线宽度划分（PIC单片机采用哈佛总线结构，即数据总线跟指令总线分开设计），如果指令总线宽度为12位宽就称为12位机，如果为14位宽就称为14位机，如果为16位宽就叫16位机。在这里对于字节的概念要注意区分，在微机概念里一字节为8位，而在PIC单片机里1字节有可能是12位（12位机）、14位（14位机）、也可能是16位（16位机）。

Q：经常听到对引脚的写操作要注意“读-改-写”的问题，具体是怎么回事？

A：对引脚的操作（如BCF、BSF、ADDWF等）实际上可以细分成三小步：首先是把整个口的当前状态读回来；其次再更改指定位的状态；最后把整个口的值再写回到输出口线上。这时就可能会出现本来只想改变某一位的状态，但其他位的状态也发生了变化。其原因是硬件连接不合理。如PORTB口直接接8个LED的正极，而没有串接电阻，假设已经有PORTB0位的LED被点亮，此时试图执行BSF PORTB,1指令去点亮PORTB1的LED，将得到的结果是PORTB1的LED亮，但是PORTB0的LED却灭了。理由是：PORTB0亮的时候，PORTB0的电平只有0.7V左右（LED两端电压），当执行第一步读回去的时候，0.7V的电压就误认为是低电平0，执行第3步写的时候，PORTB0位将写值0。解决的办法是串人适当的电阻。

Q：PIC单片机用什么语言编程？

A：PIC单片机目前支持汇编语言和C语言编程，当然也还有其他语言，如PICbasic等。单片机厂家免费提供汇编语言编译器。C语言编译器目前使用较多的为第三方开发工具，如HI-TECH公司的PICC系列编译器，CCS编译器等，除此之外，原厂现在也提供C语言编译器。

Q：为什么用PIC16F877A的A口无法正常输出高低电平？

A：这是因为PIC16F877A的A口默认是做A/D转换的输入口，而不是做普通的I/O口，要能正常输入/输出高低电平，必须先设置为普通I/O口，具体方法是设置特殊寄存器ADCON1（地址为9FH）的值等于6或者7。另外PORTA4口是开漏极输出，还必须外接上拉电阻才能输出高电平。

Q：PIC16F877A的定时器计数器TMR0怎么开启和停止？

A：PIC16F877A的TMR0没有开启和停止的控制位，只要设置TMR0做定时器用（即选择时钟来源为系统时钟），TMRO就开始计数。要停止工作，也只能把它的功能切换到计数器用。而TMR1和TMR2不同，有开启/停止控制位。

给 U 盘增加 MP3 播放功能

文/陈 尚

随着半导体技术日新月异的发展，大容量的U盘已成为生活中不可缺少的数码产品了，目前市场上1GB的U盘才卖到几十元，相信大家手头上都有些淘汰下来的小容量U盘，食之无味，弃之可惜。本文向大家介绍用容易购买到的Philips公司的51核单片机P89V51RD2和VS1003音频解码芯片自己制作一台MP3播放器，相信会是件很有趣的事。

工作原理

原理框图见图1，系统启动后，单片机通过USB接口芯片CH375，从U盘上获取MP3文件的数据，并存入缓冲CY62256，然后单片机定时将数据从缓冲送到MP3音频解码芯片VS1003实施解码，并输出音频信号到耳机。用户可以通过键盘实现“上一曲，下一曲”、音量控制等功能，并可以将歌曲名称通过LCD显示。硬件电路由图1所示几部分组成。

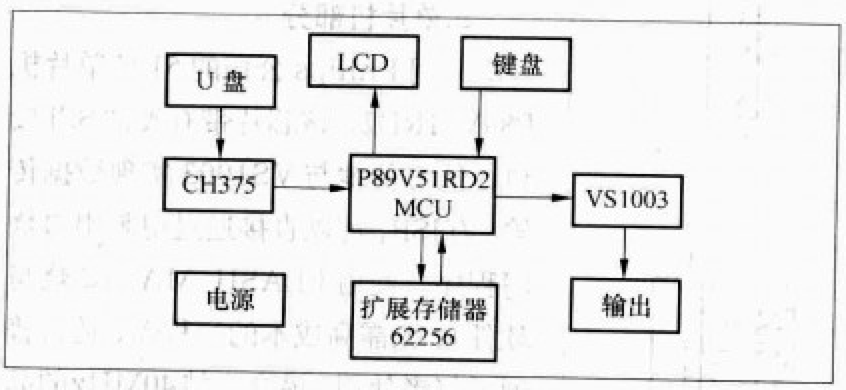


图1

1.数据获取部分

采用南京沁恒公司的CH375芯片，实现了从USB到8位并行数据的转换，使51单片机可以从U盘中获取所需数据，沁恒公司向用户免费提供了子程序库，可从公司主页上下载，用户可直接调用，免除了编写文件系统的麻烦，工作在24MHz系统时钟的标准51单片机（12时钟）可达到100Kbit/s~200Kbit/s的读取速度，能够满足MP3播放器的工作需要。电路见图2，做好的电路板见图3。

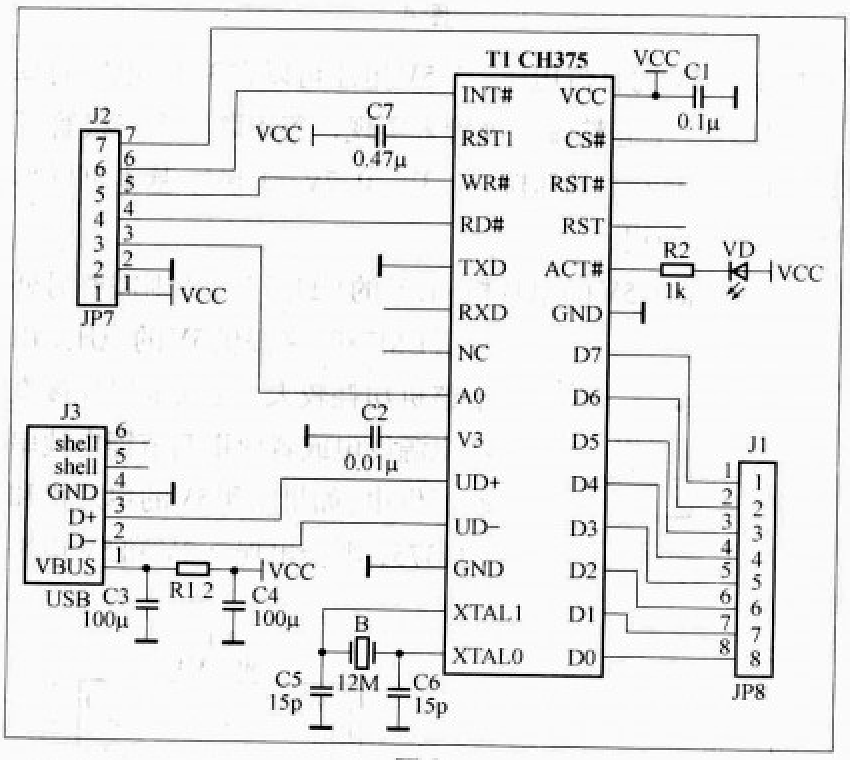


图2

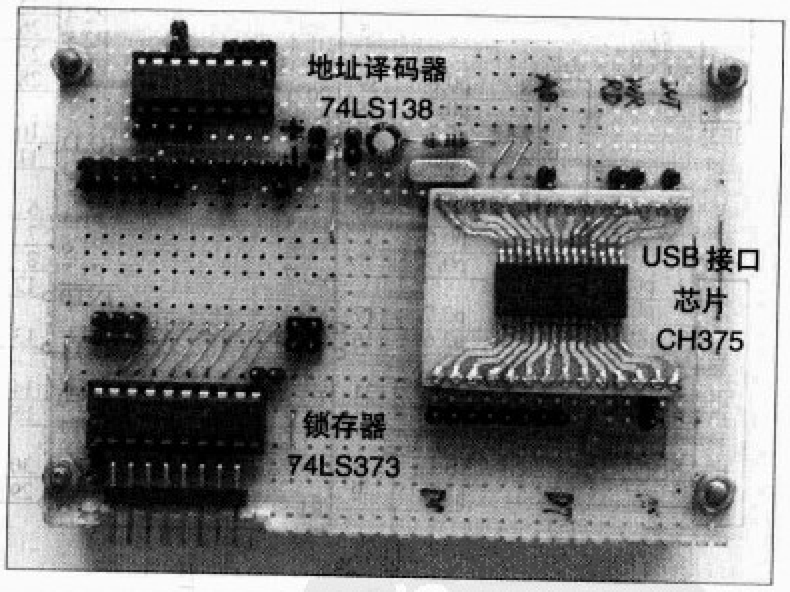


图3

2.数据缓冲部分

由于MP3的播放需要传输比较大量的数据，仅使用单片机集成的1KB的外部RAM显然难以应付，容易导致播放时声音的断断续续，这里采用常见的32K RAM芯片CY62256作为扩展，用作MP3数据的缓冲区。该电路参考了北京航空航天大学出版社《单片机基础》一书。

3.音频解码部分

采用专用MP3音频解码芯片VS1003，可以实现MP3格式和WMA格式的音频数据解码。采用12.288MHz的晶振可满足大部分常规采样率歌曲的解码。该电路参考VS1003数据手册。

4.供电部分

电路图见图4，由于VS1003芯片采用了3.3V和2.5V的双电压供电，可以使用AMS1117-3.3三端稳压集成电路

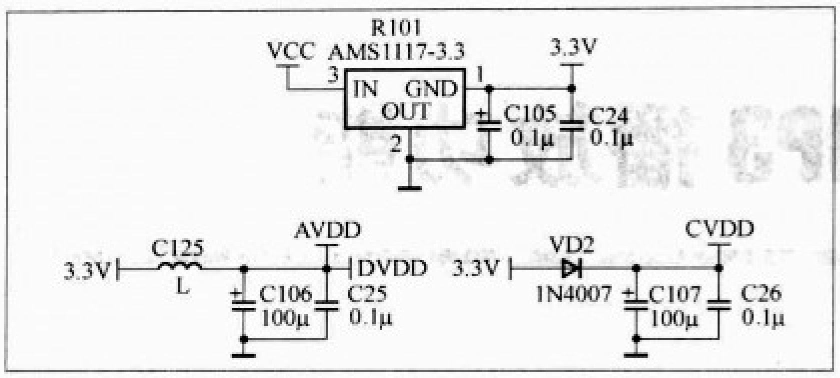


图4

来提供3.3V的直流电压，2.5V电压可以在3.3V电压的基础上串联一个硅整流二极管来实现，每串联一个二极管可以造成0.7V左右的压降，3.3V−0.7V=2.6V，基本可以当作2.5V来使用。

如果采用5V的单片机和5V的CH375芯片则需要另外采用LM7805来提供5V的电压，由于整机功耗较大，建议采用外接直流电源供电或者使用两节锂电池串联后供电。如果采用5V的单片机和CH375，则会出现3.3V和5V电平不匹配的问题，解决的方法可以采取电阻分压，从5V连到3.3V，需要转换，反之，则不需要，电路如图5所示。

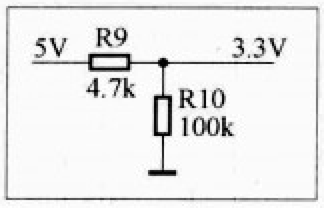


图5

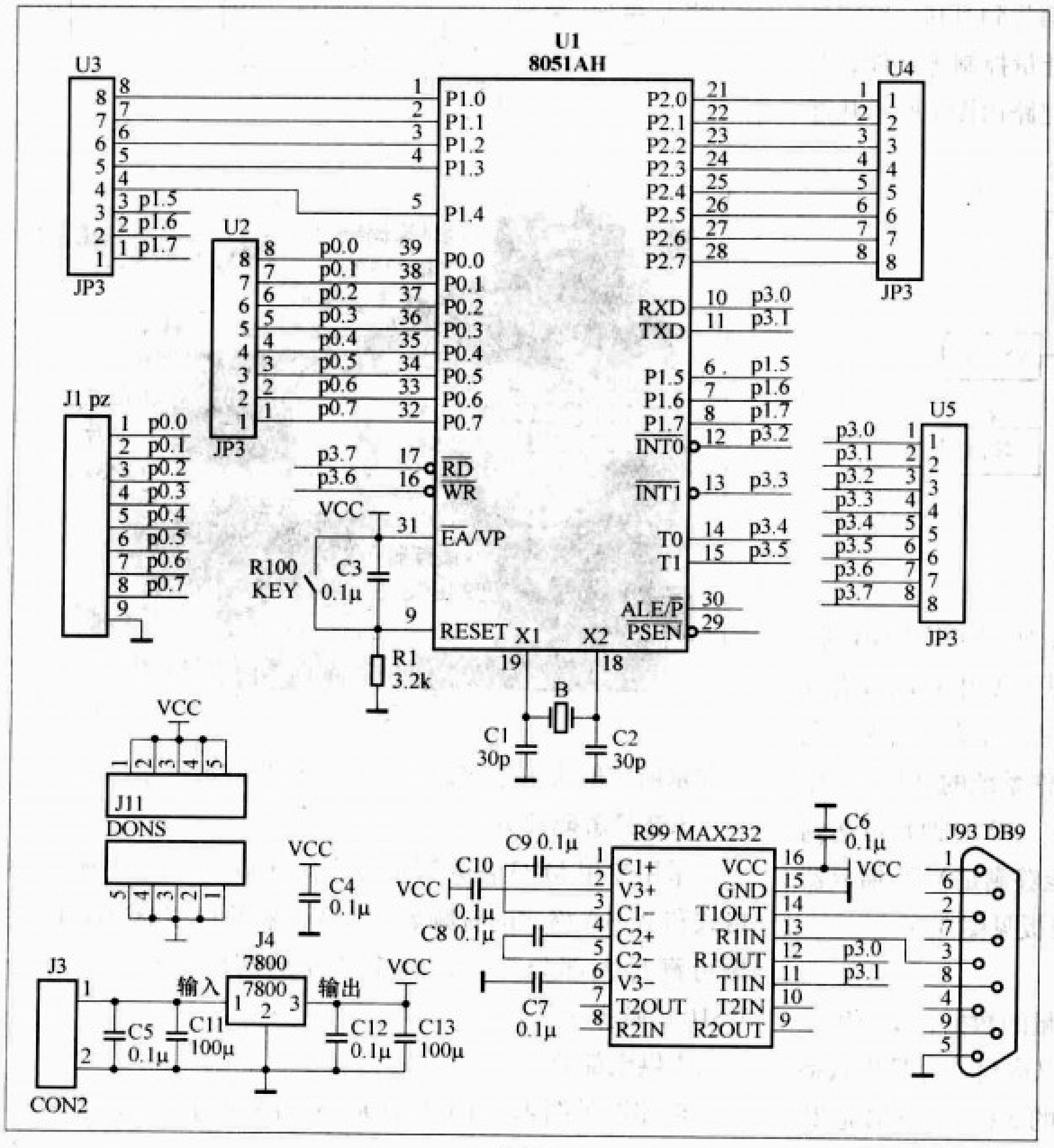


图6

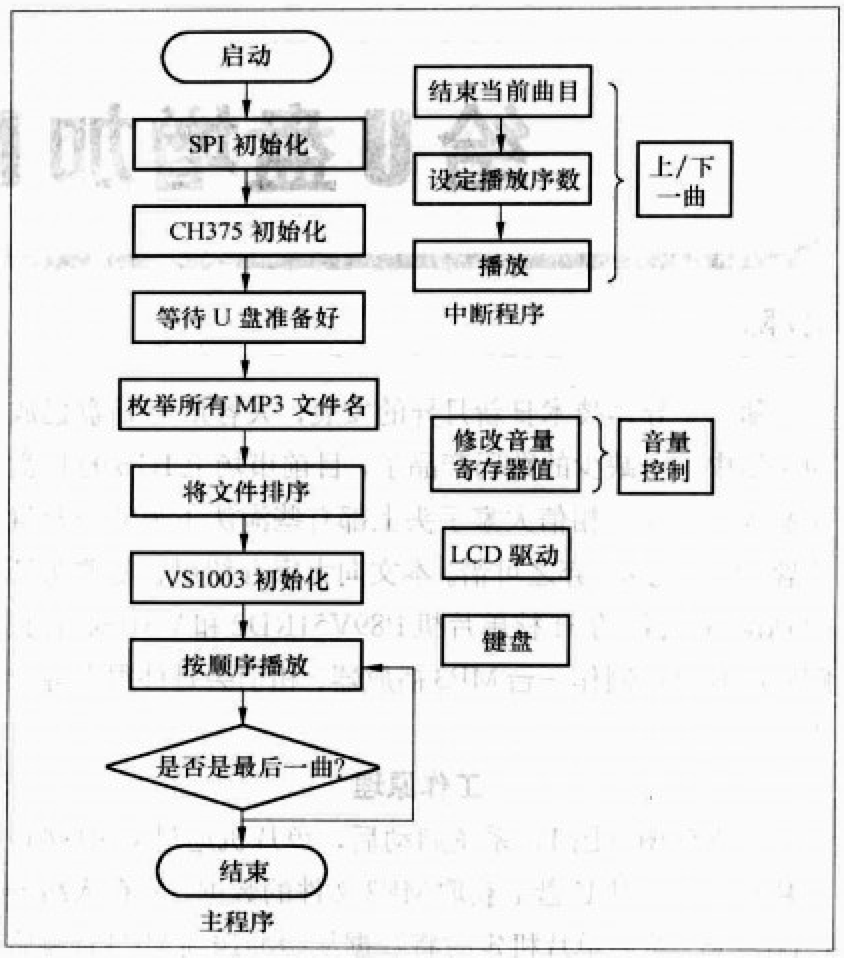


图7

5.单片机部分

采用Philips公司的51核单片机P89V51RD2，该芯片带有硬件SPI接口，能方便地与VS1003实现数据传输，有ISP，可以直接通过电脑串口烧写程序（使用FLASH MAGIC烧写软件），无需高成本的烧程器，适合普通爱好者使用，最高支持40MHz的晶振，适合MP3的高速数据传输，具体的电路连接如图6所示。

6.键盘和显示部分

可以采用通用的单片机4×4键盘，LCD不推荐常规的1602或12864显示屏，因为并行输入须占用较多的I/O口，这里推荐网络上流行的NOKIA3310和5110的显示屏，采用串行数据总线，好看又好用，节约了本来就紧张的I/O口。

程序流程图见图7。

无噪声电脑电源改装手记

文/吴玥

PC的普及使它的运行噪声问题开始备受关注，家电化的PC，噪声问题更是首当其冲！试想，A类音频功率放大器的巨型散热器如果换成适当的强制风冷散热，那情况该如何？体积小了，重量轻了，成本低了，噪声却来了！虽然在专业舞台功放中普遍采用了强制风冷手段，但那只是作为辅助散热手段使用的，偶尔用用而已。HTPC（Home Theater Personal Computer，家庭影院个人电脑）的概念从2007年也开始进入市场，一台以强制风冷为主要散热手段的PC，恐怕也很难和家居环境相协调。

其实，PC的运行噪声问题从2000年前后已经开始受到关注，遗憾的是，时至今日，能够以无噪声方式运行的PC还难以在市场上找到。由于高度工业标准化的生产方式，深度DIY一台PC几乎没有可能。2006年，MoDT（Mobile on Desktop，基于移动处理器的桌面型电脑）开始出现并于次年迅速进入实用阶段。移动处理器的低功耗和台式机机箱的充足空间相搭配，只要配置合理，使最难DIY的CPU散热风扇作为辅助散热手段成为可能。如果所用的电源没有风扇，选择合适的硬盘并改良其安装方法，这样的一台电脑，即使在比较安静的家居环境中，其运行噪声也是很不容易被人察觉的，如果不远的将来，基于半导体存储的固态硬盘能够规模应用，硬盘的运行噪声问题也就迎刃而解了。解决了上述三个PC运行必须的“噪声大户”，我们就基本可以组装一台运行噪声不易为人察觉的电脑了。不过，如果用仪器来测，噪声还是有的，所以笔者暂时称之为“无噪声干扰的电脑”。

如今市售的硬盘，如果安装合理，运行噪声除了读盘声音易察觉以外，其他噪声已经很难察觉了，而这些硬盘，缓存大都达到了16MB以上，一般程序的运行，硬盘并不会疯狂读盘，所以硬盘的运行噪声问题比较容易解决。如果不在乎高昂的价格，无风扇的PC电源也可以从市场上买到现成的，表1是几种实例型号，部分实物如图1所示。需要说明的是这种电源并不多见，表中价格也采集于不同的国家和地区，因为涉及到关税、渠道费用的差别，不能简单地进行横向比较，只具有参考意义，主要是想说明这样的电源比较贵。

即使是表1中显得相对便宜的“FSP300-60GNF”也不是一般消费者所能轻松承受的，对于既是电子爱好者又是电脑爱好者的朋友，以现成的普通PC电源为蓝本，DIY一个供低功耗PC使用的电源，以笔者实践来看，并不是一件十分困难的事情。

表1 几种市售的无风扇PC电源规格

型　号	标称功率	电源版本	+5/+3.3V 最大输出	ATX 接口	参考价格	制造商
Pantom 350	350W	ATX +12V 2.0	190W	24 Pin	1480元	ANTEC（安泰）
FL-420ATX（CF-400）	350W	ATX +12V 1.3	230W	20 Pin	130美元	Coolmax（酷玛）
W0029	350W	ATX+12V 1.3	无标识	20 Pin	1400元	Thermaltake（Tt）
EFN-300	300W	ATX +12V 1.3	140W	20 Pin	1600元	SilverStone（银兴）
FSP300-60GNF	300W	ATX+12V 2.0	120W	24 Pin	960元	FSP（全汉）

（完整外观）　（去掉外部散热器的防护罩）

FSP300-60GNF　W0029

图1 几种市售的无风扇PC电源

选择电源

如今，PC电源的基本规格是ATX，从ATX2.03到ATX12V，并没有什么本质上的变化，只要功率和主板电源输出接口和系统兼容，这样的电源就基本符合要求。

因为去掉了风扇，电源就必须降额使用，笔者的实践证明降低到原额定输出功率的三分之一左右比较合适，也就是说，一台低功耗主机，如果总耗电量是100W，须选择标称额定输出功率可以达到250～300W的PC电源，低于220W的不要考虑。有些电源的功率标称是有“水分”的，所以上文的“可以达到”在改造前就需要实际测试一下，方法如下：

给主输出接上假负载，即12V、5V、

3.3V的输出接上假负载，负载大小按标称电流值进行计算，理想的假负载是廉价的电炉丝，截取合适的长度，耐受功率最好有充足的裕量，使电炉丝长期工作时暗红或者不红，这样电炉丝的阻值受温度影响小，负载电流稳定，便于监测。增加电炉丝耐受功率的方法也很简单，几段对折即可。对于12V和5V，可以使用几段电炉丝，每组输出上都接一个，不过这样一来，电流测量可能会是个问题，除非你的电流表量程足够。如果你刚好有PC电源专用测试设备可以借用是最好不过了。让PC电源在室内无风环境、室温条件下强制运行4个小时左右，如果电源工作一直正常，那么这个电源可以算是基本合适，可以拿来改造了，如果有条件，使用不通风的室内条件，35℃～38℃的室温更好。所谓强制运行，就是PC电源不依赖主板开关，直接将主板电源输出接口的灰、绿色线短接使PC电源上电即运行。

图2是笔者选择的一款电源，标称功率300W，已经拆开，风扇也拆下来了，这样可以看得清楚一些，也为下一步改造打基础。

这款电源的特点如下：

1. 两级抗EMI（电磁干扰），输入插座上有一级，印制板上有一级，印制板上的元件布局相对宽松，有利于被动方式散热。

2. 无源PFC（功率因数控制），如果改造后空间紧张，无源PFC只是一个铁芯电感，可以方便地去掉不用，方法是用一根短路线代替它。

3. 高压开关电路为半桥拓扑，高压开关管是常见的E13007，改造中如果意外“失手”，管子比较廉价易寻，改造的“胆气”自然就足一些。

4. 3.3V输出为所谓的“磁放大器”方式，由5V绕组获得，三个大电流输出的整流管各是一个肖特基二极管，这样改造起来也比较方便：不用过多关注管脚极性，可以方便的换用大电流规格的肖特基以控制发热量。

5. 这是一个比较典型的中、低档PC电源，做工和质量可靠，效率不算低（从散热片的大小可以估计），廉价易得，适合DIY改造。从容易成功的角度看，这是最重要的条件：效率太低，改造不容易有好的效果；质量不好，改造了，就更不好，也不稳定；档次太高，价格也高，改坏了，难免心痛，投鼠忌器，束缚了手脚，也不容易改造成功。

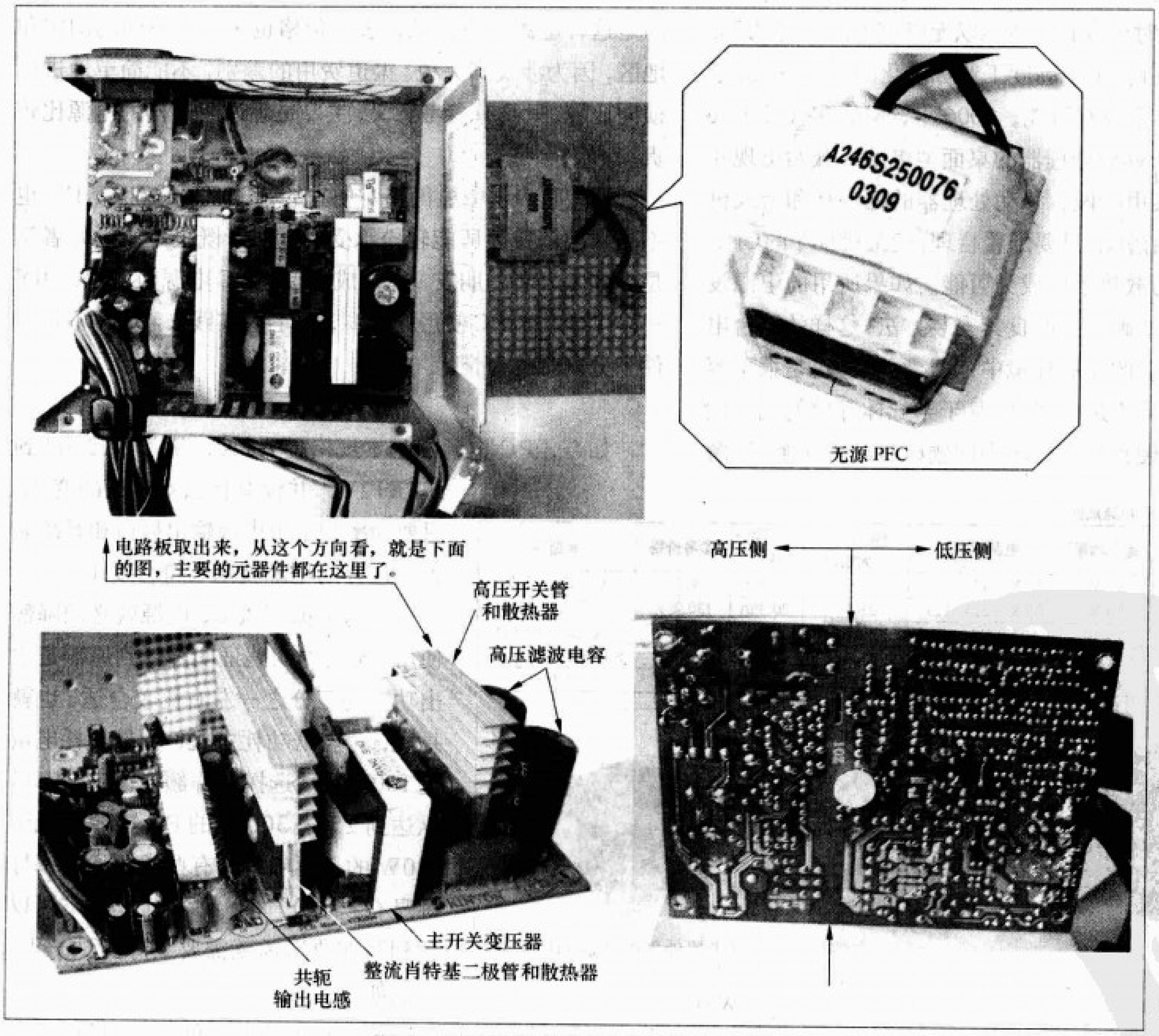


图2 一种市售的普通PC电源的基本结构

需要说明的是，即使是DIY的老手，也最好准备2个同样的电源，如果是新手，就最好是2个以上了，多多益善，“常在河边走，哪能不湿鞋”啊？

制定改造计划

图3是图2所示电源的电路原理图，图中粗虚线中的元件是主

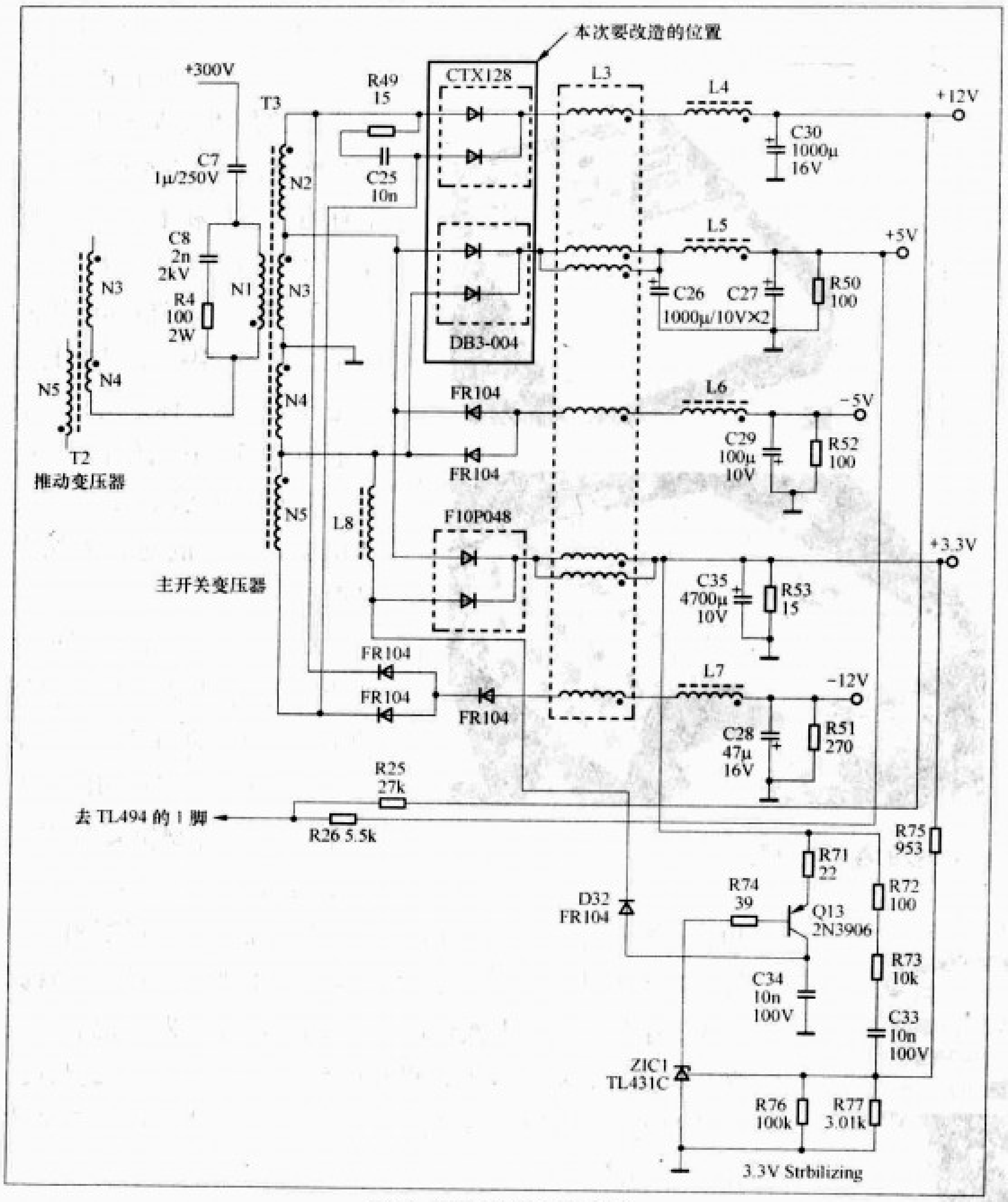


图3 与改造相关的电路

基于上述思路，准备了图4所示的一块L形铝板，作为增加的额外散热器。

准备增加的散热器用手头现成的铝板弯折而成，呈“L”形，铝板厚5mm。铝板厚度、散热孔的数量和大小可酌情而定，从利于热传导的角度来看，铝板的厚度不宜小于3mm。

两个相邻的直径16mm的圆孔是用来方便焊接肖特基二极管管脚的，和两个用来固定肖特基二极管的ϕ4的沉孔要根据肖特基二极管的具体位置确定。PC电源的布局也是高度标准化的，不同规格、型号的PC电源，这个位置是大致相同的，包括使用同步整流技术的电源，整流管是VMOS，位置也是大致如此。不过如果是VMOS，就要注意管脚排列问题了，G、D、S的位置要一一对应，不能弄错。

L形铝板上最后还要打4个固定孔，相对位置与电源印制板上的固定孔对应，这几个孔图4中没有显示，原因是它们要等改造基本完成后准备总装时才根据实际位置来钻孔，这样对孔位置的准确度要求就降低了，便于DIY。

要的发热元件。

选择12V、5V整流管为改造对象，理由如下：

1. 低压侧的整流管发热量更大，这一点从散热器的个头就可以看出来，实际测试中也证实了这一点：低压侧的散热器稳定温度要比高压侧高5℃～10℃。所谓稳定温度，就是测试中散热器温度不再继续升高的温度，一般电源工作0.5小时左右就可以达到稳定温度。测试温度时最好使用玻璃的水银温度计，数字万用表自带的、一般的数字式温度计以及红外测温计的误差都是比较大的。

2. 高反压肖特基二极管的正向压降更大，发热量也就更大。12V所用的整流管是耐压（反压）最高的。

3. 低压侧相对而言，安全性比较好。

4. 保留3.3V的整流管，可以充分利用原有的散热器，也有利于整个电源外壳里的温度均衡。

改造的基本思路有二：

1. 增加散热面积，降低单个器件的温升；

2. 增加散热通道，使热量尽快从机箱内出来。

改造过程

做好上述技术上的、物质上的准备，改造就可以正式开始了。为了便于说明问题，也将准备工作一并排列上。

1. 根据低功耗PC的总耗电量确定所需电源的功率。

2. 根据所确定的PC电源功率准备合适的电源，至少同规格的两台。

3. 测试准备好的电源，可以只测试准备改造的，备用的仅仅上机（PC）简单测试一下即可。准备改造电源不但要用假负载进行测试，还要上机充分测试，按照自己的实际使用情况，使用时间最好在2周以上。

4. 拆开测试好的电源，根据12V、5V电源整流二极管的位置准备一块L形铝板并进行加工，如图4所示。

5. 连同散热器，拆下所有的肖特基二极管，实物如图5所示，从左至右分别是3.3V、5V、12V的整流管，型号分别是S16C40C、F12C20C、SBL3040，制造商分别是MOSPEC和Linear（凌特）。

6. 卸下5V、12V的整流管F12C20C和SBL3040，用适当长度的M3沉头螺丝将其固定到L形铝板上，如图6所示，螺丝长出螺母的长度应尽量短，最好和螺母平齐或者稍

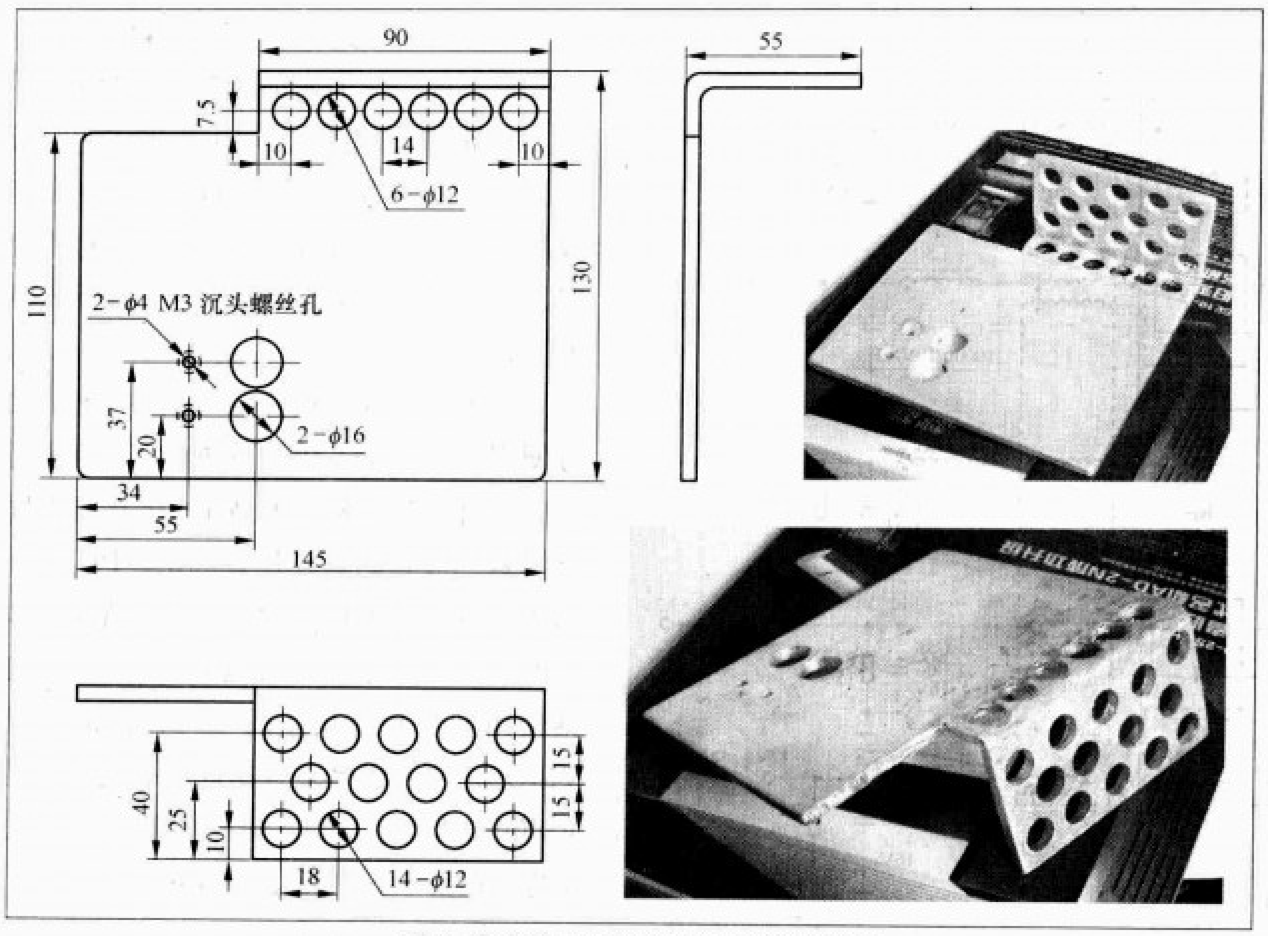


图4 为改造PC电源准备的额外散热器

短，不可过短，否则螺母会脱扣，起不到固定的作用。另外要注意的是肖特基与L形铝板的绝缘，它们原来已经各自带有绝缘垫片和垫圈，这时候要一个不落地照样用上。

7．将L形铝板和电源的印制板对齐，根据印制板上的固定孔的位置，标记出L形铝板上四个固定孔的位置，然后打孔，如图6所示。L形铝板和电源印制板的对齐方法参见图7。

8．查看一下L形铝板上的肖特基管脚离电源印制板的垂直距离，估计其长度，拿掉L形铝板，然后在印制板上原来肖特基管脚位置各焊接一根适当长度的导线，宁长勿短，接着再把L形铝板和电源印制板合在一起，观察刚才焊接到印制板上的导线的长度，以导线刚刚长过肖特基管脚为准，在其中一根上做标记，再拿下铝板，将做标记的导线剪短，然后以此为参照，将其他5根也剪短到一样的长度。短线最好用镀锡的多股铜线，这样的导线，刚度和柔韧度才都是合适的。

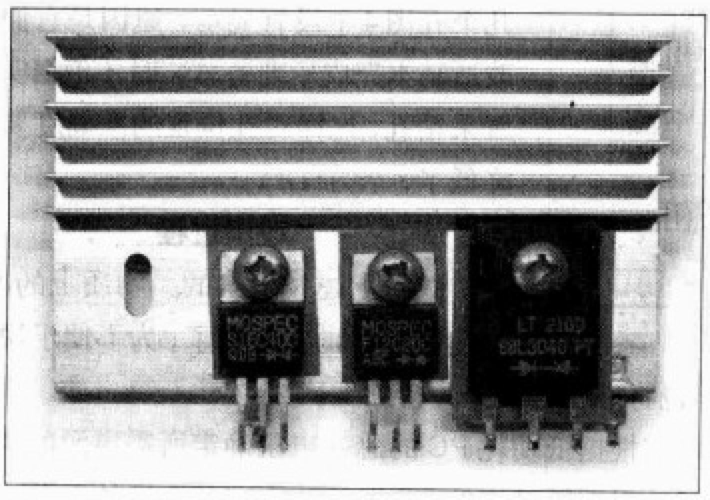


图5 连同散热器的肖特基二极管

9．将电源外壳上固定电源印制板的自攻螺丝孔用大一点的φ 3~3.2的钻头过一下，将自攻丝孔改成光孔备用。

10．将3.3V的整流管和散热器原样焊回到电源印制板上。

11．准备4条M3 × 25的半圆头螺丝和M3的螺母，然后将L形铝板和电源印制板按照图7的样子装配起来。每条M3螺丝上要用3个螺母，分别用来固定印制板和铝板，调整螺母的位置，使印制板底部和铝板上固定肖特基的螺母顶部的距离不小于5mm，固定好以后，固定螺丝还应留有至少5mm长度，稍后用来固定改装好的组件和电源外壳，如果长度不够，可换用长度更长一些的螺母。

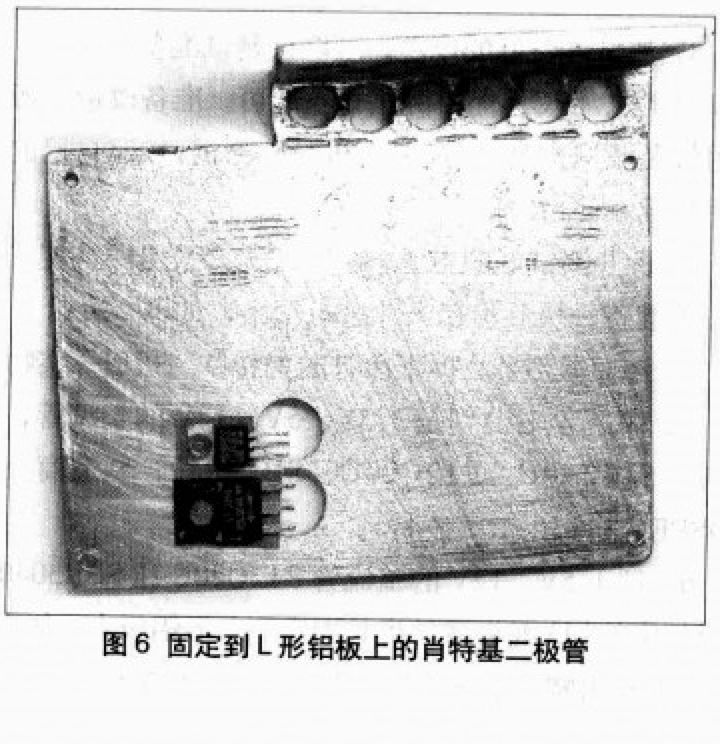


图6 固定到L形铝板上的肖特基二极管

12．将固定好的组件装入电源外壳试一下，主要检查组件装入外壳是否合适，组件上的4个固定螺丝是否刚好可以穿过电源外壳上的固定孔。

13．如果组件的尺寸合适，从外壳中拿出组件，将L形铝板上的肖特基管脚和电源印制板上的短线焊好，焊接时要注意不要让锡流到印制板上导致短路发生，也不要焊接时间过长，使短线在印制板上的另一端的焊锡融化。

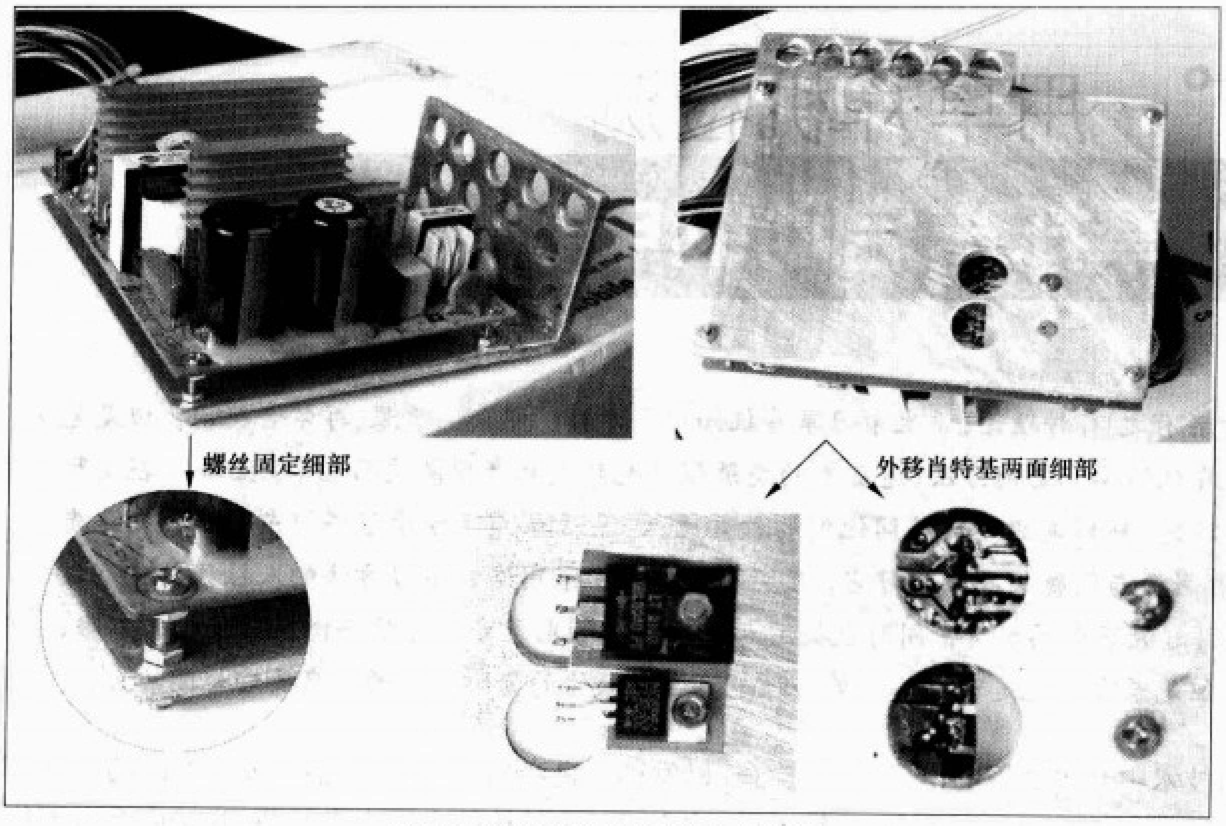


图7 L形铝板和电源印制板的装配

14. 将电路组件再次装入电源外壳，并固定好，装配好的样子如图8所示，从原来风扇的位置可以清楚地看到L形铝板。

15. 空载测试：用万用表测试一下散热器和电源外壳是否短路，将电源的上盖也装好，用万用表测试一下改装电源的输入端、输出端是否有异常，如果正常，就可以准备空载测试了。

准备一个带有开关的电源插座，有短路保护功能的电源插座更好，将改装好的电源通过电源插座与市电相连，指针式万用表的表笔插入3.3V、5V、12V任意一组的输出插头中，插牢，改装电源处于强制开机状态，除了万用表，不接负载。一手按住插座的电源开关，一手扶好表笔，两眼盯住万用表的指针，迅速开、关电源插座上的开关，如果万用表的电压指示基本正常，改装电源也没有异常，再次开机，观察几秒钟，如果输出电压正常，电源也没有异常，就可以松一口气，用万用表测量各组输出电压了，如果都正常，就可以进行带负载测试了。

16. 带载测试：给改装电源接上负载，进行带负载测试：各组负载电流按照原电源额定输出电流的三分之一至五分之一之间确定，其他测试条件不变。测试过程中监测改装电源的温度和输出电压的变化。尤其是温度，应比改装前没有太明显升高，偏高3℃～5℃仍可以视为正常，如果反复测试，温升过高，可以将负载电流增加至原额定输出电流的三分之一进行破坏性测试，如果经过连续8小时以上工作，虽然电源的温升比较高，但是电源一直工作正常，这个改装电源仍然可以使用，只是使用寿命会受到影响。如果电源在破坏性测试中挂掉了，就说明这个电源不适合改装，就需要换一个更大功率的电源了。

17. 如果改装电源顺利地通过了上述测试，即可上机测试：将改装电源装到低功耗PC中，如果启动顺利，进行常用的操作正常，就可以宣告改装已经取得阶段性胜利。

18. 长期测试：很少有业余爱好者有专门的PC电源测试设备，所以只能用实践说话，用长期的使用来观察改装电源的可靠性。一般而言，经过一个春、夏、秋、冬的实际使用，实际使用过程中，对比电源改装前后，如果没有发现更多的异常和非法操作问题，如蓝屏、死机等，就可以认为电源改造成功了！

PC电源是PC中少有的纯粹硬件的一个组件，电路形式也和爱好者常见的比较相似，元件也主要以插脚为主，印制板也以单面板为主，开关电源也不是PC中独有，这给爱好者从电路器件的级别上进行DIY提供了便利；PC电源的标准化程度很高，无论是电路原理还是电路布局都是如此，因此也非常便于爱好者之间进行沟通交流。

可以预见，随着PC的家电化和人们环保意识的提高，低噪声干扰的PC乃至无噪声PC将受到消费者的青睐。

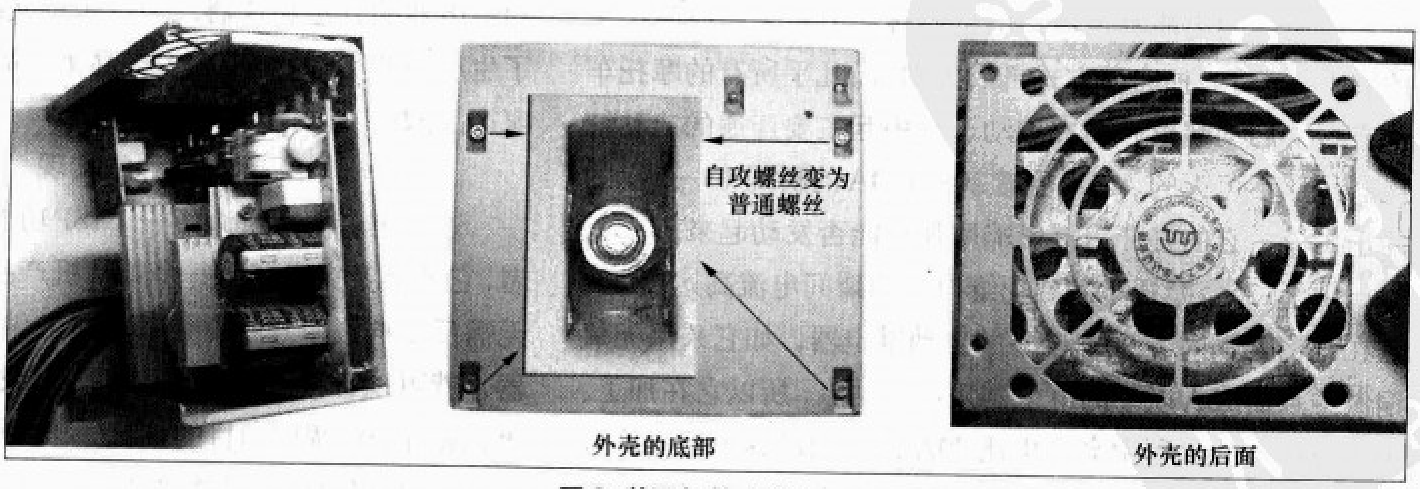


图8 装配好的改装电源

用单片机检测摩托车启动继电器

文/高 友

笔者接触的教育者(高级职称者有之)有种理论:学生学习单片机知识要学精、学全、学深,再学会使用。但是笔者发现大多数学生并未能掌握单片机的具体使用方法,连基本的烧录程序也只是看老师做过而已(学生语)。在实际的应用中技术水平更是让人大跌眼镜。所以笔者不能苟同他们的教育观点。笔者认为学生学习任何东西首要的是先学会使用,如果他有兴趣,再带着激情与问题去深入学习它,在实际的生产中采用这种学习方法的人往往是最有成绩的。笔者写这篇文章,希望能引起教育者的思考,同时也提醒初学单片机的电子爱好者学会使用单片机并不难,要记住聪明的方法也许难掌握,但是笨方法也是可以的,单片机是不会厌烦你的蹩脚程序的,只要它好用即可。

单片机是现代检测仪器与控制技术中几乎必用的电子元器件。它使用方便、功能强大,尤其现在的单片机具有ISP下载功能,为产品开发提供了巨大的便利。

在从前的学习单片机的知识中讲到使用单片机必须要有烧录器、仿真器且价格都不菲,使用起来也相当麻烦。由于大多数是英文界面,对于初学者与爱好者更是无从下手,笔者就是由于上述原因而不得要领,一直拖到今天才有一个真正能够在生产中使用的单片机产品。

这里要提到笔者使用的单片机是STC89C系列,该系列单片机真的让笔者单片机知识和能力突飞猛进。因为它有全中文官方网站提供各种技术手册,内容详细、知识面广且新。它的单片机全部有片内存储器、有ISP功能、有A/D转换器、有开机复位功能等,详细资料可以到网址www.mcu-memory.com下载,可是全中文的啊。

设计由来

笔者曾在继电器厂兼职,该厂生产系列摩托启动继电器。下面就是笔者在兼职中遇到的问题。

125型(一般是指摩托车的排气量)摩托车的启动方式分为两种:一种是直接用脚踹的方式打火启动;另一种是通过蓄电瓶中的电能利用启动电机的转动力矩来完成摩托车的启动。而后一种启动方式正成为潮流。几乎所有的摩托车都有这种启动装置,而在启动过程中起主要连通的启动继电器是功不可灭的。它承受着20~150A的瞬间(3~5s)的冲击电流,它的好坏直接影响摩托车能否发动起来。

由于125型摩托车的启动继电器的瞬间电流高达150A,它在结构上不同于70A以下的启动继电器,如它采用无氧铜做触点而70A以下的继电器采用银触点,所以它在加工、生产及库存的过程中会产生比70A以下启动继电器高许多的不良产品。这就要求在产品老化期至出厂时要对产品进行检查,以发现不良产品。不良继电器主要是产品的触点接触不良,这主要是由结构的金属应力问题、弹簧应变力不稳及无氧铜触点的污点造成的。

那如何检测它呢?每个继电器都通电满负荷(1800W)总不是办法。

这里我们从摩托车生产厂家那里得到启发:他们抽查一定比例的继电器,按图1(厂家检测继电器方法)连好电路,断续接通继电器线圈10次或更多,如果其中有一次灯泡不亮,就判定该继电器为不合格产品。

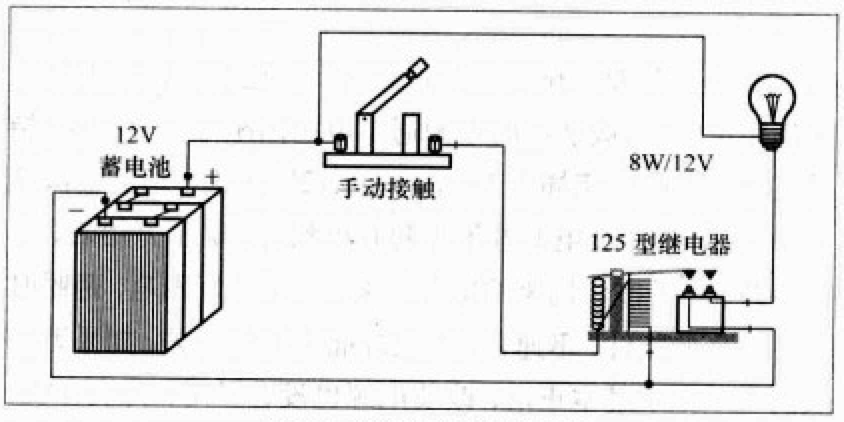


图1 厂家检测继电器方法

根据厂家检测方法笔者采用单片机设计出一款检测启动继电器的方法和仪器,为丹东星光继电器生产厂家解决了生产中的实际问题,大大提高了产品的质量,也提高了厂家产品的信誉度。

设计的实现

这里笔者要再次介绍一下ISP功能(笔者就是它的受益者,它使笔者完成了第一个单片机产品)——该功能能使你无需反复插拔单片机,无需昂贵的编程器,甚至无需仿真器,就可以直接开发用户程序,下载用户程序直接看到结果,从而达到调试的目的。下面是宏晶科技开发的具有ISP功能的烧录软件,它非常好用,且是全中文界面。只要会一

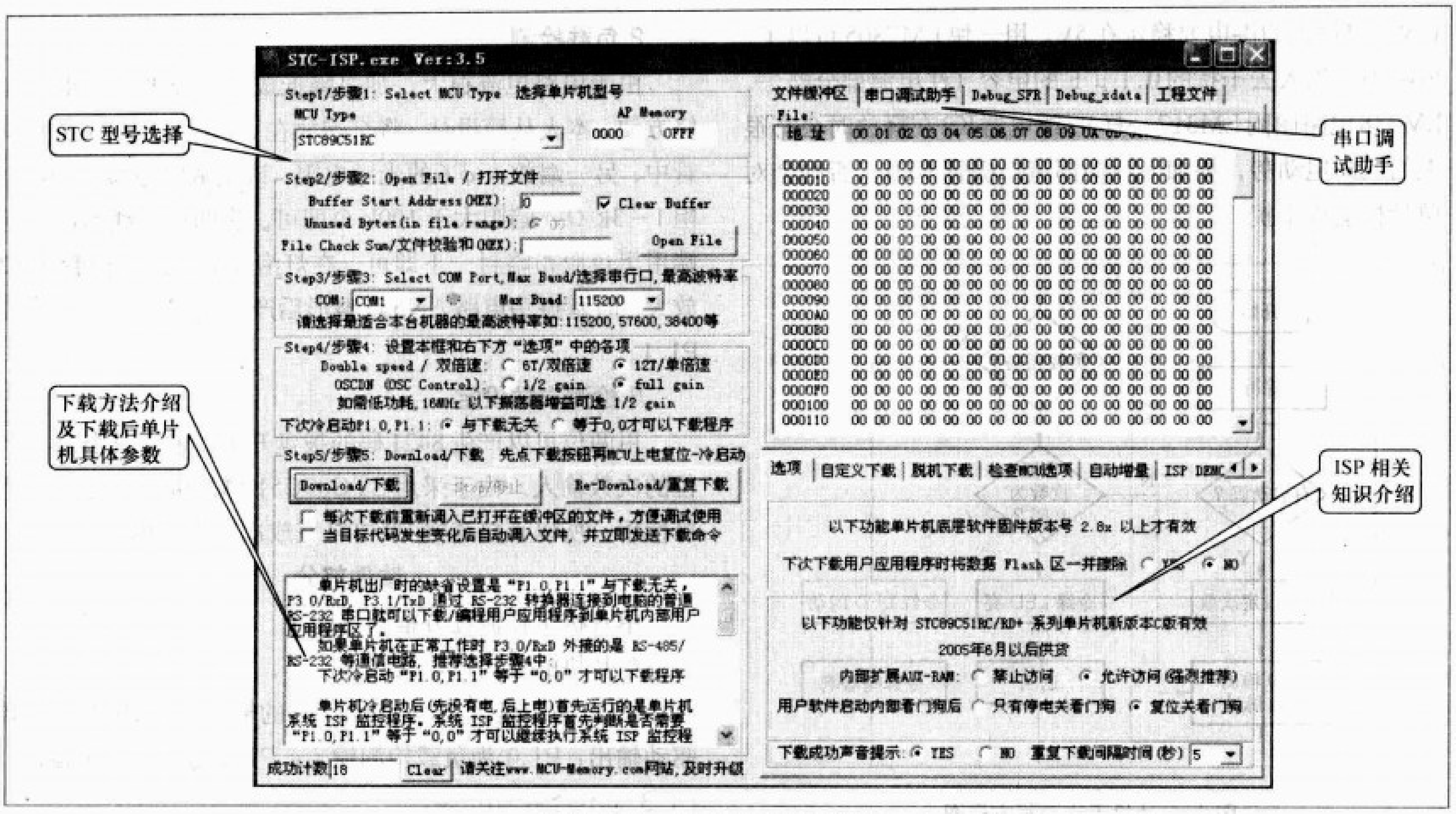


图 2 STC－ISP.EXE 程序下载界面

点电脑操作就可以使用了，而不像有的公司并不把爱好者放在眼里。尤其更可贵的是你还可以从该界面当中学到好多单片机知识，真是一举两得的好事！图 2 为 STC－ISP.EXE 程序下载界面。

检测原理

该仪器采用两位拨盘开关确定检测次数，可完成1～99次检测次数的设定。在通过8W/12V灯泡和光敏电阻Rg和三极管VT5组成的光信号检测电路组成的检测电路来完成每次的负载检测，灯泡发出的光信号转变为电信号输入到P1.1。时基振荡电路AN555在这里起脉冲整形作用。在设定的次数中，仪器以固定的频率（1Hz）的条件下，通过对负载的检测（灯亮与否）做出判断。如果，其中只要有一次继电器接触不好（即灯不亮），该仪器即停止驱动继电器工作，并令红色LED闪动，同时蜂鸣器工作，以提醒检测人员该继电器为不合格产品。反之在检测完额定次数后，令绿色LED闪动，即告之该继电器已检测完，为合格产品。SB为下一次检测的启动按扭。

硬件部分

电路原理图见图 3。

1.电源

电源的选用要有足够大的富余量。因为150A继电器的线圈电阻小于6Ω，功率近24W，加上8W的负载灯炮及单片机的功耗等，变压器的功率至少也要50W，输出17V。同时采用LM338−5A稳压集成电路来稳定继电器线圈电压为

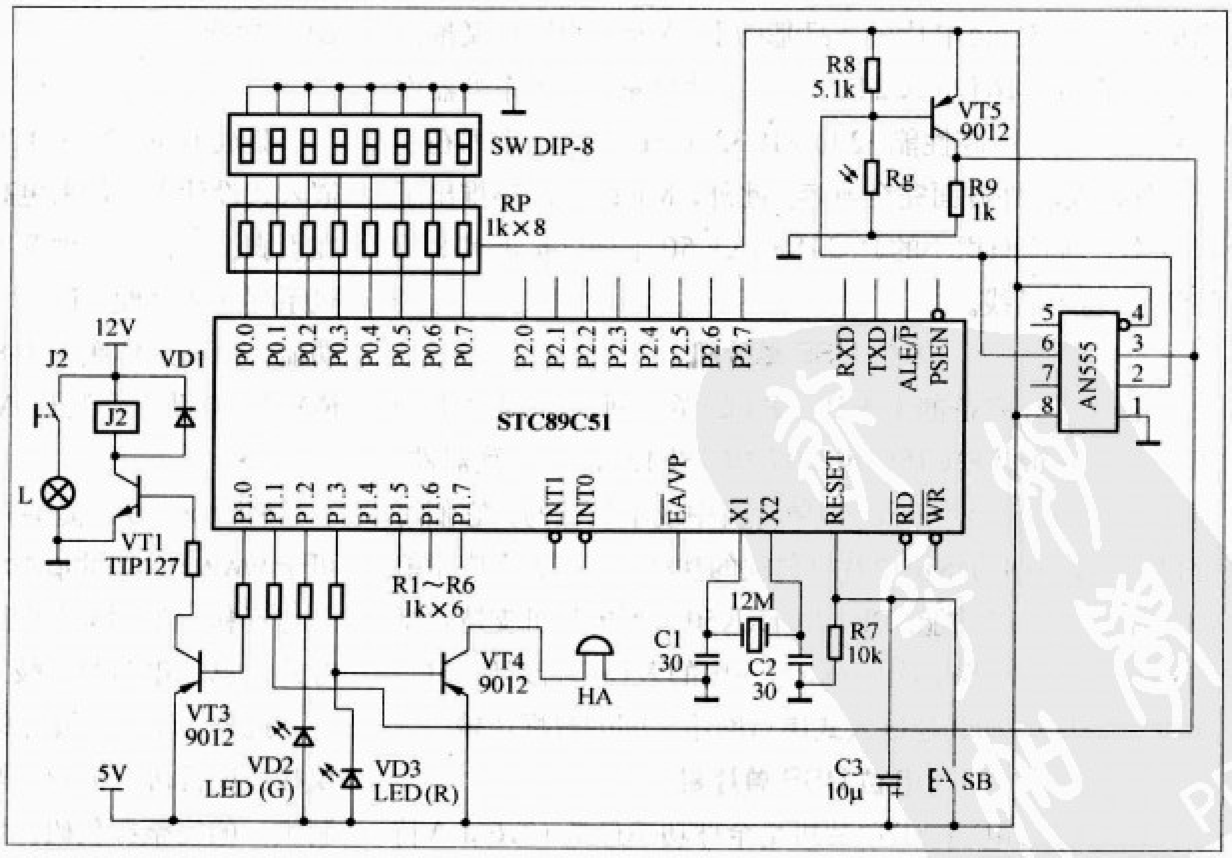


图 3 电路原理图

12V。单片机的供电要稳定在5V，用一块LM7805可以了，电路中要加入去干扰的0.1μF的电容（注电源部分略去，LM338电路图同LM317一样）。继电器K2在释放时会有很大的反向电动势，要加入反向泻流二极管VD1，否则会对单片机造成干扰。

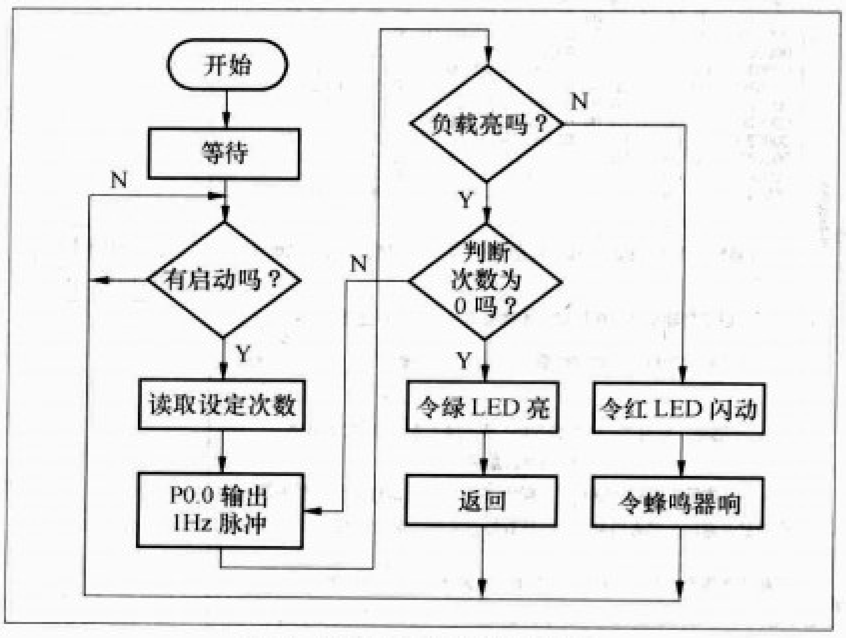


图4 单片机工作流程方框图

2.负载检测

由于电路电流很大，加之降低成本以及考虑使用与维修方便，本人从简设计。将灯泡放在φ16的白色PVC塑料管中，另一端放入φ6的光敏电阻，该光敏电阻参数为：亮阻1～3kΩ；暗阻大于100kΩ即可。将四根引线引出，两端用黑色胶布略封一下即可。在灯泡亮后，经三极管9012放大、时基振荡电路AN555整形后产生高低电平给单片机P1.1。

3.检测次数设定

用两位可以产生8421码的拨盘开关，来完成个位与十位的次数输入。由于采用STC89C51单片机，有足够多的口使用，所以直接连接P0口来完成次数设定的输入。

软件部分

单片机工作流程方框图见图4。

单片机的输出口定义：

P0口为拨盘开关产生8421码的输入；P1.0为继电器驱动输出；P1.1为负载检测输入；P1.2为合格指示输出；P1.3为不合格输出。

Microchip推出完整的8位/16位/32位USB单片机产品线

文/资料室

Microchip（美国微芯科技公司）近日宣布推出由单一集成开发环境——免费的MPLAB IDE支持的业内最完整的8位、16位及32位USB单片机（MCU）产品线。在丰富的8位USB pic单片机产品基础上，Microchip现又推出全新的低功率16位PIC24F USB单片机系列，该系列器件与新的80 MHz高性能32位PIC32 USB单片机系列在引脚、外设及软件方面完全兼容。此外，Microchip还推出了低成本、占位面积小的PIC18F1XK50系列以扩展其8位USB低端产品线。

8位USB单片机

基于现有完备的USB PIC单片机产品线之上的PIC18F13K50及PIC18F14K50（PIC18F1XK50）系列器件，是目前Microchip所有USB单片机中成本最低的。它们可提供多种其他平价8位单片机欠缺的功能，使得更多应用能添加嵌入式USB功能。PIC18F1XK50系列单片机支持包括USB 2.0、I²C、SPI及USART在内的多种串行通信接口，从而实现USB和其他嵌入式串行网络之间的数据传输。

16位USB单片机

12款PIC24F USB单片机是全球功率最低（2.6μA待机电流）的大内存（高达256KB 闪存以及16KB RAM）16位USB单片机系列，也是唯一具备集成USB 2.0器件、嵌入式主机以及两用OTG功能的16位单片机系列，可帮助用户通过高性价比且便捷的途径在嵌入式设计中添加高级USB功能。

32位USB单片机

集成USB 2.0 OTG功能的PIC32单片机系列不仅为嵌入式设计人员带来更高的性能及容量更大的存储器，还可在引脚、外设及软件等方面，保持与Microchip 16位单片机系列的兼容性。PIC32 USB系列器件集成了USB OTG功能，最高工作频率为80MHz，高达512KB闪存和32KB RAM，有助于降低BOM成本并节省印刷电路板空间。

技术支持

Microchip还提供完善的USB网上设计中心，工程师可于www.microchip.com/USB找到USB设计入门所需的一切资料，包括指导手册、技术文档、编程支持、开发工具、芯片信息、电路图及技术培训等。

此外，设计人员可免费下载 Microchip的USB主机协议栈、设备协议栈及类驱动程序（HID、MSD、CDC和定制类）的完整源代码。同样免费的USB OTG协议栈已备有试用版，预计于第三季度正式面世。

奥运场馆中的手机充电站

文/肖迎春 宋 荣 孙 光

手机越来越成为人与人之间联系的重要手段，一天忘带手机或手机出故障，都会觉得很不方便，觉得误了很多事。可手机带在身上也会出现无法通信的情况，这就是：欠费了，或没电了。钱可以一次多充一些，电却不能，一块电池充满了也就那么大的容量，遇到几个长话，很容易就没电了。况且现在给手机充值越来越容易，电话亭、报亭、超市，随时随地都可以买到手机充值卡，可充电就没那么方便了，别说充电器一般都不会带在身上，就是带了，在商场、机场、火车站等公共场所也找不到电源插座。鉴于这种不便，有些会有人员停留的公共场所，比如中国移动的营业大厅、火车站等逐渐推出了“手机充电站”服务。手机充电站就是可以快速为各种手机充电的电子产品，一个充电站通常提供了很多种接口，可以同时对多个手机充电，市场上的手机品牌几乎都可以找到相应的充电接口。手机充电站一般都是自助服务的，有收费的和不收费的两种。收费的投币以后，根据金额的多少决定可以充电的时间，而不收费的由用户自由选择充电时间的长短。这里介绍的是为2008奥运主场馆设计的免费式数控手机充电站。

该手机充电站外观如图1所示，一个充电站最多可以同时对24个手机进行充电。每一路都有控制按键和剩余充电时间显示。各路闲时无电压、电流输出，充电指示灯和数码管均不亮。每按一下各路的充电时间选择按键，可充电时间加10。每次可选择的最大充电时间是90分钟。当充电时间大于0时，充电电路输出充电电压，充电指示灯点亮，数码管点亮并显示剩余可充电时间，该值每分钟减1。充电的过程中随时可增加充电时间，比如，剩余可充电时间由刚开始选择的90分钟递减到45分钟时，连按两下充电时间选择按键，剩余可充电时间将增加到65分钟。当充电时间减为0时停止充电，数码管和充电指示灯均不亮。

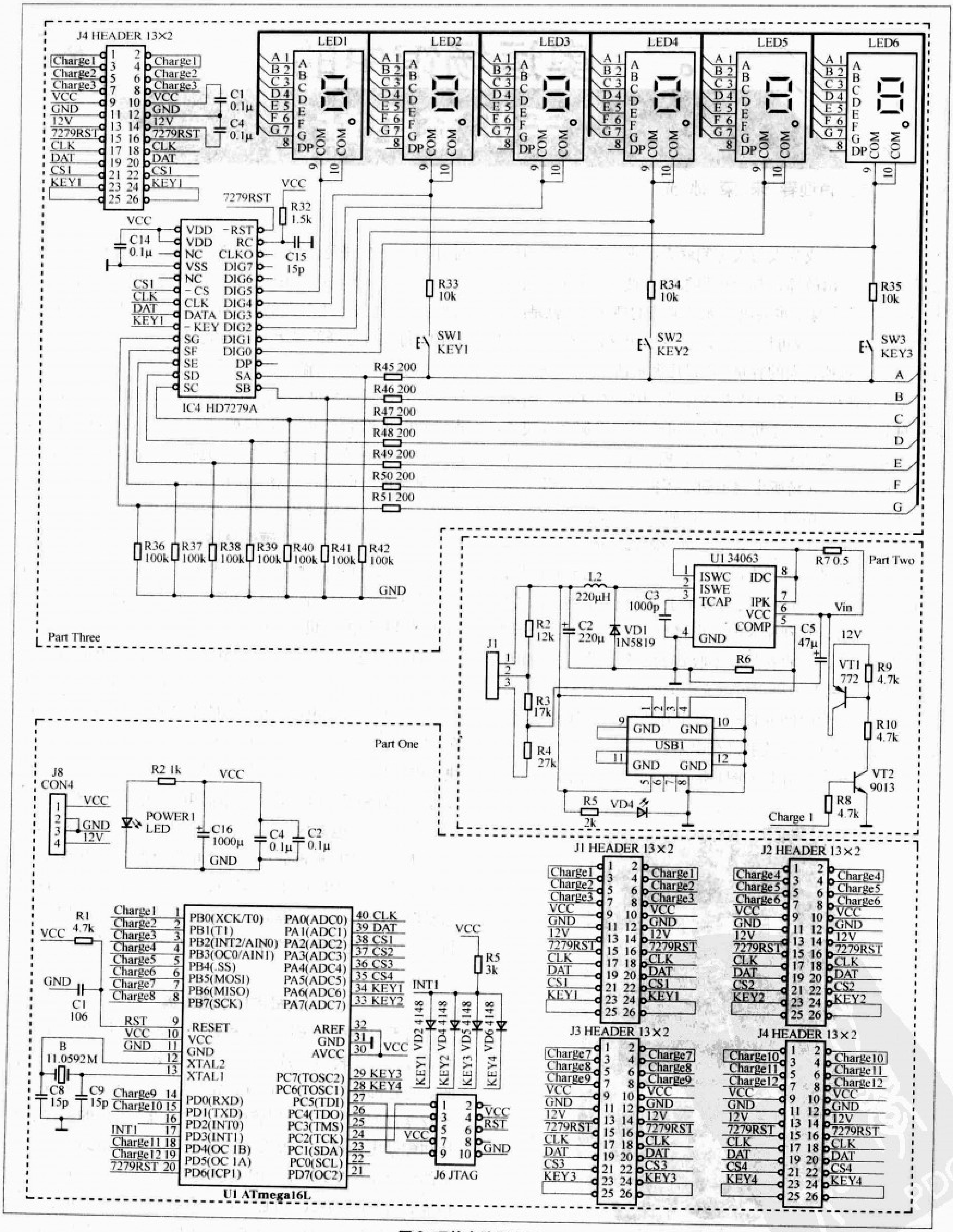
图1 充电站外观图

硬件总体

硬件电路包括1块CPU板和4块充电器板，每块充电器板提供3套完全相同的充电电路，每组充电电路可同时充两部型号相同的手机。这样，由一个CPU控制的充电站最多可同时充电的手机数是24。由于CPU端口数量的限制，若一个充电站希望能够对更多的手机同时充电，就需要使用多块CPU板。充电站的电路图如图2所示。其中Part One在CPU板上，Part Two和Part Three在充电器板上，每块充电器板上有3套Part Two电路。PartThree上的3个按键6个数码管分别是3套充电器电路的控制和显示部分。CPU板和各充电器板之间通过排线相连。外接电源只提供给CPU板，CPU板再通过排线将电源供给各充电器板。除了电源以外，CPU板和充电器板之间交换的信息还有：充电器板给CPU板的按键信息、CPU板对充电器板的显示控制、CPU对充电电路的开关控制、CPU板对各7279的复位控制。

人机接口电路方案

由于每路都有按键控制和数码管显示，按键和数码管的总数显得比较多，另外，CPU还要处理时间，如果所有的数码管都通过CPU动态扫描的方式来显示，显示效果会比较差，如果为每个数码管配一个锁存器，大量的锁存器芯片和配套电阻需占用很大的电路板空间，在电路板大小有限的情况下会出现问题，因此这里采用专业的数码管、按键扫描芯片HD7279A，由它负责所有数码管和按键的扫描工作，这样就很大程度上将CPU解放出来，不仅简化了电路，



J4 HEADER 13×2
Charge1
Charge2
Charge3
VCC
GND
12V
7279RST
CLK
DAT
CS1
KEY1
C1 0.1μ
C4 0.1μ
LED1
LED2
LED3
LED4
LED5
LED6
A B C D E F G DP COM COM
7279RST
VCC
R32 1.5k
C14 0.1μ
C15 15p
VDD VDD NC VSS NC -CS CLK DATA -KEY SG SF SE SD SC
-RST RC CLKO DIG7 DIG6 DIG5 DIG4 DIG3 DIG2 DIG1 DIG0 DP SA SB
IC4 HD7279A
R33 10k
R34 10k
R35 10k
SW1 KEY1
SW2 KEY2
SW3 KEY3
R45 200
R46 200
R47 200
R48 200
R49 200
R50 200
R51 200
R36 100k
R37 100k
R38 100k
R39 100k
R40 100k
R41 100k
R42 100k
GND
Part Three
U1 34063
ISWC ISWE TCAP GND IDC IPK VCC COMP
R7 0.5
Part Two
L2 220μH
C3 1000p
C2 220μ
VD1 1N5819
R2 12k
R3 17k
R4 27k
J1
R6
C5 47μ
Vin
12V
VT1 772
R9 4.7k
R10 4.7k
VT2 9013
R8 4.7k
Charge 1
USB1
R5 2k
VD4
Part One
J8 CON4
VCC
GND
12V
R2 1k
POWER1 LED
C16 1000μ
C4 0.1μ
C2 0.1μ
R1 4.7k
C1 106
RST
B 11.0592M
C8 15p
C9 15p
INT1
Charge9
Charge10
Charge11
Charge12
PB0(XCK/T0) PB1(T1) PB2(INT2/AIN0) PB3(OC0/AIN1) PB4(.SS) PB5(MOSI) PB6(MISO) PB7(SCK)
.RESET VCC GND XTAL2 XTAL1
PD0(RXD) PD1(TXD) PD2(INT0) PD3(INT1) PD4(OC 1B) PD5(OC 1A) PD6(ICP1)
PA0(ADC0) PA1(ADC1) PA2(ADC2) PA3(ADC3) PA4(ADC4) PA5(ADC5) PA6(ADC6) PA7(ADC7)
40 CLK 39 DAT 38 CS1 37 CS2 36 CS3 35 CS4 34 KEY1 33 KEY2
AREF GND AVCC
PC7(TOSC2) PC6(TOSC1) PC5(TDI) PC4(TDO) PC3(TMS) PC2(TCK) PC1(SDA) PC0(SCL) PD7(OC2)
29 KEY3 28 KEY4
U1 ATmega16L
R5 3k
VD2 4148 VD4 4148 VD5 4148 VD6 4148
KEY1 KEY2 KEY3 KEY4
J6 JTAG
RST
J1 HEADER 13×2
J2 HEADER 13×2
J3 HEADER 13×2
J4 HEADER 13×2
Charge4 Charge5 Charge6
Charge7 Charge8 Charge9
Charge10 Charge11 Charge12
CS2 CS3 CS4
KEY2 KEY3 KEY4

图2 硬件电路原理图

程序代码也大大简化。HD7279A相关的电路如图2中Part Three所示。一片7279最多可扫描8个数码管和64个按键，它与CPU之间只需要4根口线相连，即片选、时钟、数据和按键指示，4根线各自独立，可以不在同一个端口上，多片7279之间时钟线和数据线还可以共用，非常节省CPU的口线。某一个数码管上要更新显示时，CPU只需要将相应的7279的片选线拉低，再通过时钟线和数据线的配合，通过串行通信的方式将数码管的地址和待显示的数值发送给7279即可，显示值不需要更新时，CPU不用理会数码管的扫描问题，7279会自动完成。当有按键按下时，7279会通过拉低KEY线的方式来通知CPU，CPU进而通过串行通信的方式从7279中读取具体的按键编号。

充电电路设计

充电器电路如图2中Part Two所示。它是以34063为核心实现的恒压方式充电电路。34063是一个开关管，在这里构成一个降压型DC/DC开关电源，它内部集成有电压比较器，由R2、R3、R4、R6构成的反馈电路决定比较电压值，控制开关管的开和关。跳线器J1实现不同的反馈组合，从而满足不同品牌的手机充电电压不一样的需求。L2为储能电感，C2为滤波电容，VD1为续流二极管。当开关管导通时，电感被充磁，电感中的电流线性增加，电能转换为磁能存储在电感中，当开关管断开时，L2通过VD1续流，从而电感的电流线性减小。可见，输出电压呈梯形状，平均电流小于峰值电流，采用的电感越大，平均电流就越大，输出平均电流最大可达900mA。输出的恒压电压值的计算方法为：

若跳线跳在1、2上，$V_o=1.25\times R6/(R3+R4+R6)$。

若跳在2、3上，$V_o=1.25\times R6/(R2+R3 /\!/ R4+R6)$。

USB1是充电接口，VD4是充电指示灯。VT1、VT2构成充电器的开关，CPU通过将控制信号发送到VT2基极来控制充电的启动和停止。

CPU软件设计

CPU采用C语言支持得很好的AVR单片机ATmega16L，代码由C语言来实现，这样可以提高代码的可读性、可移植性，也可以缩短三分之二的开发周期。由于7279分担了大部分的扫描工作，CPU会显得很从容，因此，除了时间处理外，其他的处理都采用查询而不是中断的方式，这样可以提高程序的可靠性。软件按顺序完成的工作有：

1.上电后初始化各充电时间寄存器为0，控制数码管不显示，控制充电器关闭，开启公共时钟。

2.查询是否有按键指示，若有，读取按键值，更新相应的充电时间寄存器和数码管显示值，开启充电功能，启动该充电器的充电计时。

3.查询各个处于工作状态的充电器的充电时间，如果满一分钟，剩余充电时间减1，更新显示。如果减计算后结果为0，关闭充电功能，控制数码管显黑。

4.中断子程序：每秒钟中断一次，中断后更新各充电器的计时寄存器。

其中2、3、4步循环执行。另外，为了防止7279和CPU死机，还要加入定时对7279复位以及看门狗相关的代码。7279的使用方法有很详细的说明书，使用者可以参照使用。

总结

在充电站的调试、测试过程中暴露了一些问题，通过进一步的分析、改进和测试，最终形成了上面介绍的版本。首先，原来对按键、时间的处理都是采用的中断方式，但由于中断到来的时间具有不确定性，它会打断正在执行的工作，插入另外一件事情，当现场保护不严密时，会造成被中断的事件的数据错误，因此后来对按键的处理全部改为查询方式，这样可以更有序地执行任务，使程序的可靠性提高。其次，由于充电站的箱体往往还承担广告的功能，广告的霓虹灯与电路板近距离安放，霓虹灯开关时会给电路板带来比较大的电磁干扰，在以前采用51单片机时出现过数据突变的情况。为了抵抗这种干扰，一方面在所有引入电源的地方都加了滤波电容，另一方面选用了抗干扰能力更强的AVR单片机。最后，由于充电站将在无人维护的情况下长期运行，为了防止死机，程序中加入了看门狗。但7279实际上也是一个有代码的芯片，也有死机的可能，而单片机的看门狗只有在单片机死机的情况下才会进行总体复位，如果只有7279死机，看门狗是不能检测到的。因此，为了防止7279死机，在单片机的程序中需要加入对7279的定期复位以避免充电站长时间瘫痪。复位7279不会影响充电器的工作状态，但复位后其显示数值会变化，因此CPU一定要重新向其传递显示数值。

更正

在第8期第62页图5文字说明中输入电阻1.5mΩ应为1.5MΩ，第65页图9应为下图。

第67页右下角“图片及主要性能参数……图3、图5～图6、图8和表格说明。”应改为：“……图3、图5、图6～图9和表格说明。”

因我们的工作失误给读者带来不便，深表歉意！

Protel 99 SE
中 PCB 文件分层转换为图片文件的方法

○ 文 / 刘作新

电子爱好者向电子专业刊物投稿时，如果文章中的作品用到了PCB，编辑部根据需要会要求作者将PCB文件转换为常用的图片文件格式，以便于出版印刷，方便读者阅读观看。不少爱好者用EDA软件设计PCB已经是高手了，但是如何将一块布线规范合理设计“精美”的PCB转换为图片文件却困惑着不少人。有些人用屏幕抓图的方法，但这样的图片用于印刷时清晰度低、层次感差，对于多层板还无法分层观看，因此效果不理想。笔者在实践当中摸索出了一种PCB文件转换为图片文件的方法，转换出的图片文件精度较高，图像清晰；并且可以分层转换，每层产生一个图片文件。下面就以在电子爱好者和电子设计开发人员中广泛使用的EDA软件Protel99SE为例，来介绍一下Protel99SE中PCB文件分层转换为图片文件的方法。

准备工作

首先要保证你的电脑安装了OFFICE2003或更高的版本，这个条件对于经常用电脑写文章的朋友来说是很容易满足的。我们要用到OFFICE2003中的两个工具组件“Microsoft Office Document Imaging”和“Microsoft Office Document Image Writer”。我们利用这两个工具组件在Protel99SE与图像处理软件间搭起一座桥梁，来完成Protel99SE中PCB文件向图片文件的转换，在这里我们称这两个工具组件为“桥接软件”。这两个工具组件在安装OFFICE2003时选择“典型安装”会自动安装的。

开始转换

第一步：启动Protel99SE软件，打开需要转换的PCB文件，在File菜单下单击Print/Preview项，如图1所示。单击Print/Preview项后会生成预览文档，如图2所示。

第二步：在预览状态下，单击Tools菜单下Create Final项，会弹出如图3所示的对话窗口，在对话窗口中单击Yes，会生成打印文档，这时在左侧的Browse PCBPrint标签窗口中显示出了PCB的各层列表，如图4所示，单击哪一层

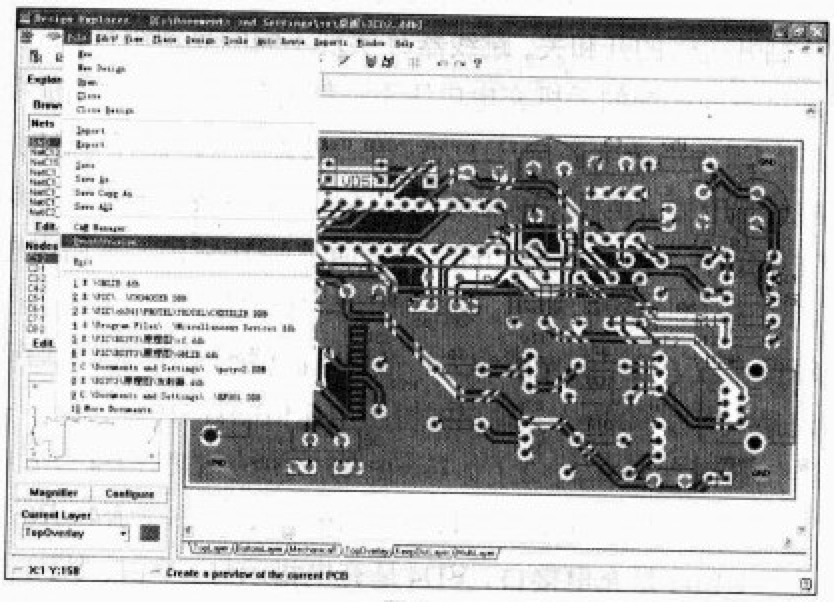


图1

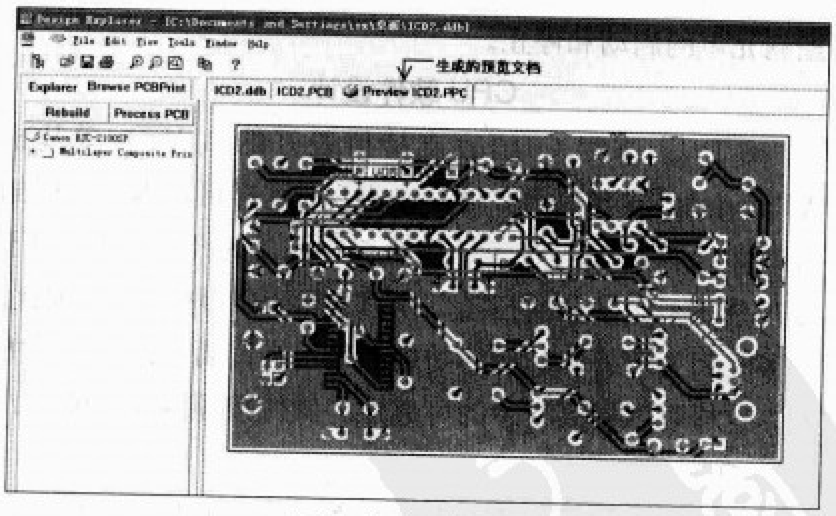


图2 生成预览文档

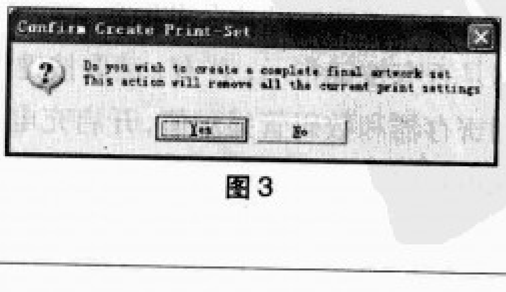


图3

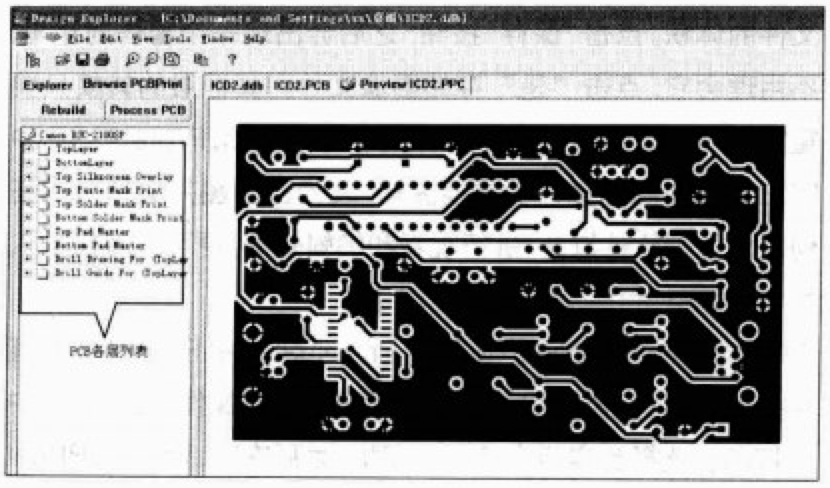


图4 生成打印文档

就显示哪一层的打印文档。

第三步：PCB 各层的设置

对于单面印制电路板，只需要设置底层和丝印层；双面印制电路板需要设置顶层、底层和丝印层。

1.顶层（TopLayer）的设置

在 Browse PCBPrint 标签窗口的 PCB 层列表中（参见图 4）右键单击 TopLayer 顶层，在弹出的菜单中单击 Properties，出现 Printout Properties 对话框，如图 5 所示，在 Options 复选框中钩选 Show Holes，这样 PCB 上的焊盘和过孔就会显示出内孔；在 Layers 窗口下方点击 Add 按钮，出现 Layer Properties 对话框，如图 6 所示，在 Print Layer Type 组件的下拉菜单中选择 KeepOutLayer，为 PCB 添加边框显示，点击 OK 后回到 Printout Properties 对话框（参见图 5），这时原来的 OK 按钮会变为 Close 按钮，点击 Close 按钮后软件会自动更新顶层的图形显示，显示出了焊盘和过孔的内孔和 PCB 的边框，如图 7 所示。

2.设置顶层丝印层（Top Silkscreen Overlay）的显示

通过观看顶层丝印层可以知道元器件在 PCB 上的位置，便于组装调试。在 Browse PCBPrint 标签窗口中（参见图 4）右键单击 Top Silkscreen Overlay 顶层丝印层，在弹出的菜单中单击 Properties，出现 Printout Properties 对话框，如图 5 所示，在 Layers 窗口下方点击 Add 按钮，出现 Layer Properties 对话框，如图 6 所示，在 Print Layer Type 组件的下拉菜单中选择 KeepOutLayer，为 PCB 添加边框显示，点击 OK 后回到 Printout Properties 对话框；再次点击 Add 按钮，Layer Properties 对话框再次出现，这次在 Print Layer Type 组件的下拉菜单中选择 MultiLayer 进行添加，点击 OK 后回到 Printout Properties 对话框（参见图 5），这时原来的 OK 按钮会变为 Close 按钮，在 Options 复选框中钩选 Show Holes，让顶层丝印层也显示出焊盘和过孔的内孔；点击 Close 按钮后软件会自动更新顶层丝印层的图形显示，显示出了焊盘和过孔的内孔和 PCB 的边框，如图 8 所示。

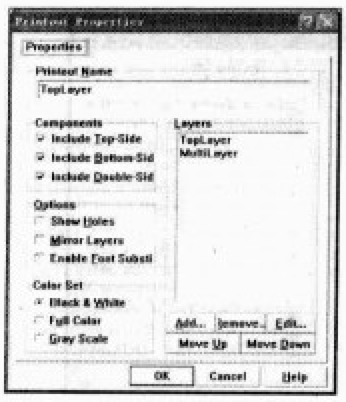


图5

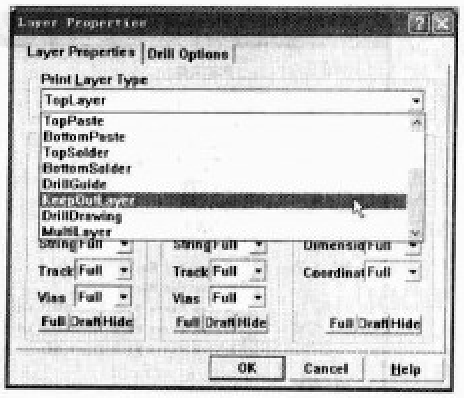


图6

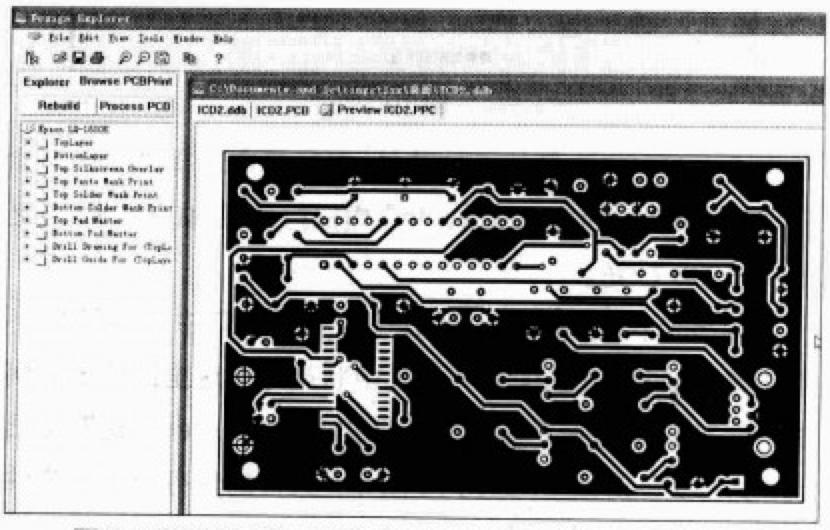


图7 PCB 顶层显示出焊盘和过孔的内孔和 PCB 的边框

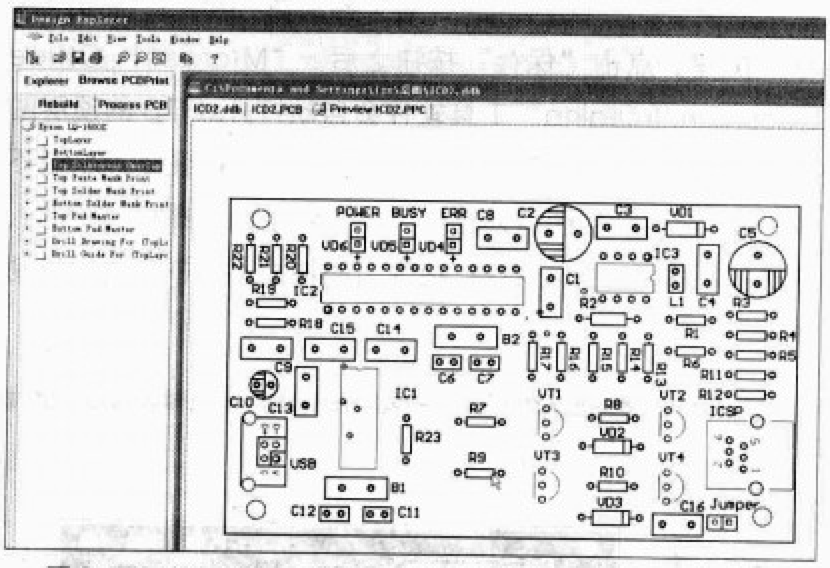


图8 顶层丝印层显示出了焊盘和过孔的内孔和 PCB 的边框

其他层的设置方法可参照顶层和顶层丝印层的设置方法。将各层设置好后，我们就可以进行 PCB 文件向图片文件的转换了。

第四步：在 File 菜单下单击 Setup Printer，出现 PCB Print Options 对话框，如图 9 所示，在 Printer 组件窗

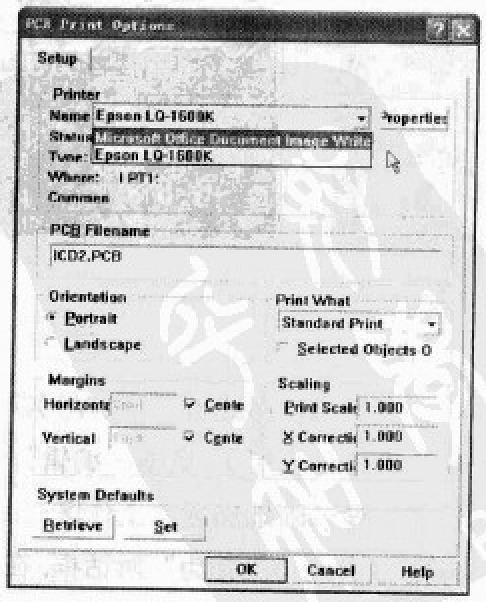


图9

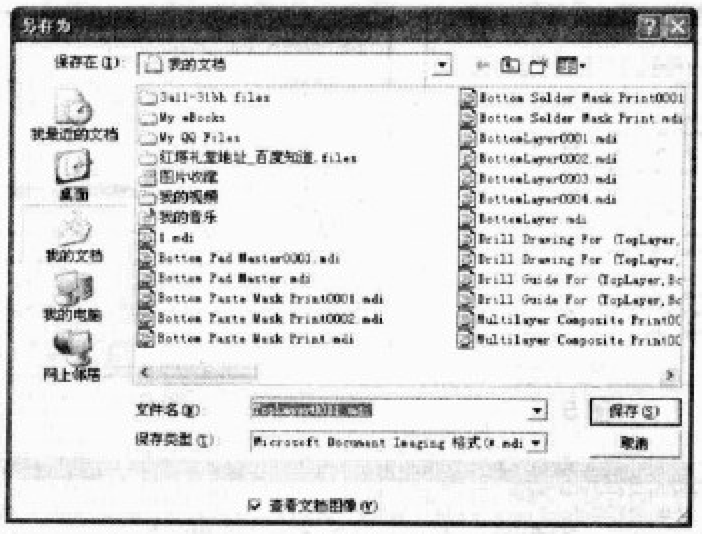


图10

口中点击Name右侧的下拉菜单，在菜单中选择“Microsoft Office Document Image Write”虚拟打印机，如图9所示，之后点击OK按钮。

第五步：在Browse PCBPrint标签窗口中（参见图4）单击需要转换的层，使其处于选中状态（在这里以顶层为例进行示范讲解），在File菜单下单击Print Current，这时会出现“另存为”对话框，如图10所示；文件的保存位置和文件名可以根据自己的需要进行更改，保存类型不用更改，用当前默认的类型就可以了；将“查看文档图像”钩选上，点击“保存”按钮。点击“保存”按钮之后，“Microsoft Office Document Imaging”工具软件会自动打开，PCB的顶层图像出现在工作区，如图11所示。在工作区中按住鼠标左键不放，在PCB的顶层图像外拖移出一个红色的选择框，见图11，在选择框内单击鼠标右键，在弹出的快捷菜单中点击“复制图像”。

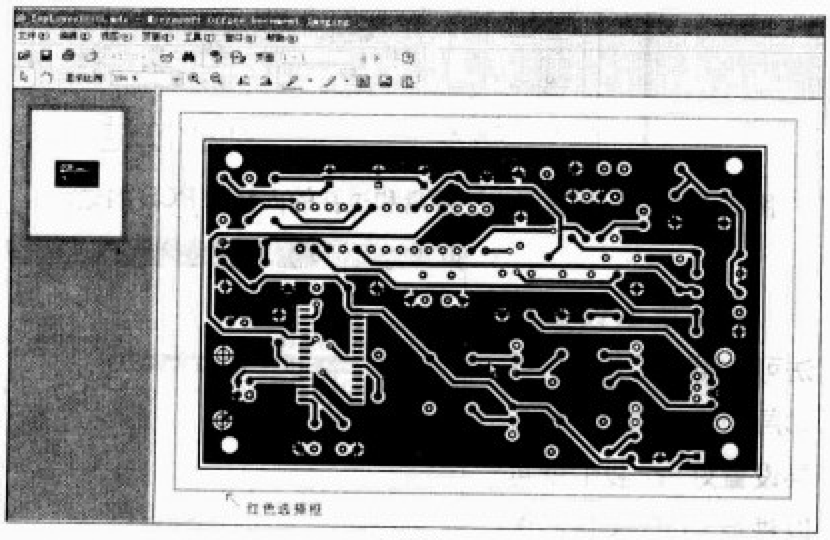


图11

第六步：启动WINDOWS XP自带的画图软件（其他图像处理软件也可）。点击“编辑”菜单下的“粘贴”，PCB的顶层图像清晰地出现在工作区；点击“文件”菜单下的“另存为”，出现“保存为”对话框，在对话框中“保存类型”选为“单色位图”，之所以选择单色位图是为了减小保存后图片文件的体积，点击“保存”按钮，之后会出现一个警告对话框，不用理会它，点击“是”存储图像文件。其他层的转换只要重复第五步、第六步的操作就可以了。至此Protel99SE中PCB文件向图片文件的转换完毕，转换出的图片文件可用任何图像处理软件打开，进行观看和编辑处理，更可以直接插入文字处理软件中，用于出版印刷。

本文叙述的方法也适用于Protel99SE中PCB文件的直接打印，这时只要按照第一步至第四步进行操作，在第四步中将打印机选择为实际安装的打印机，之后在Browse PCBPrint标签窗口中单击需要打印的层，使其处于选中状态，在File菜单下单击Print Current就可以了。

德州仪器公司推出超低功耗 MSP430系列MCU新品 MSP430F5xx

文/资料室

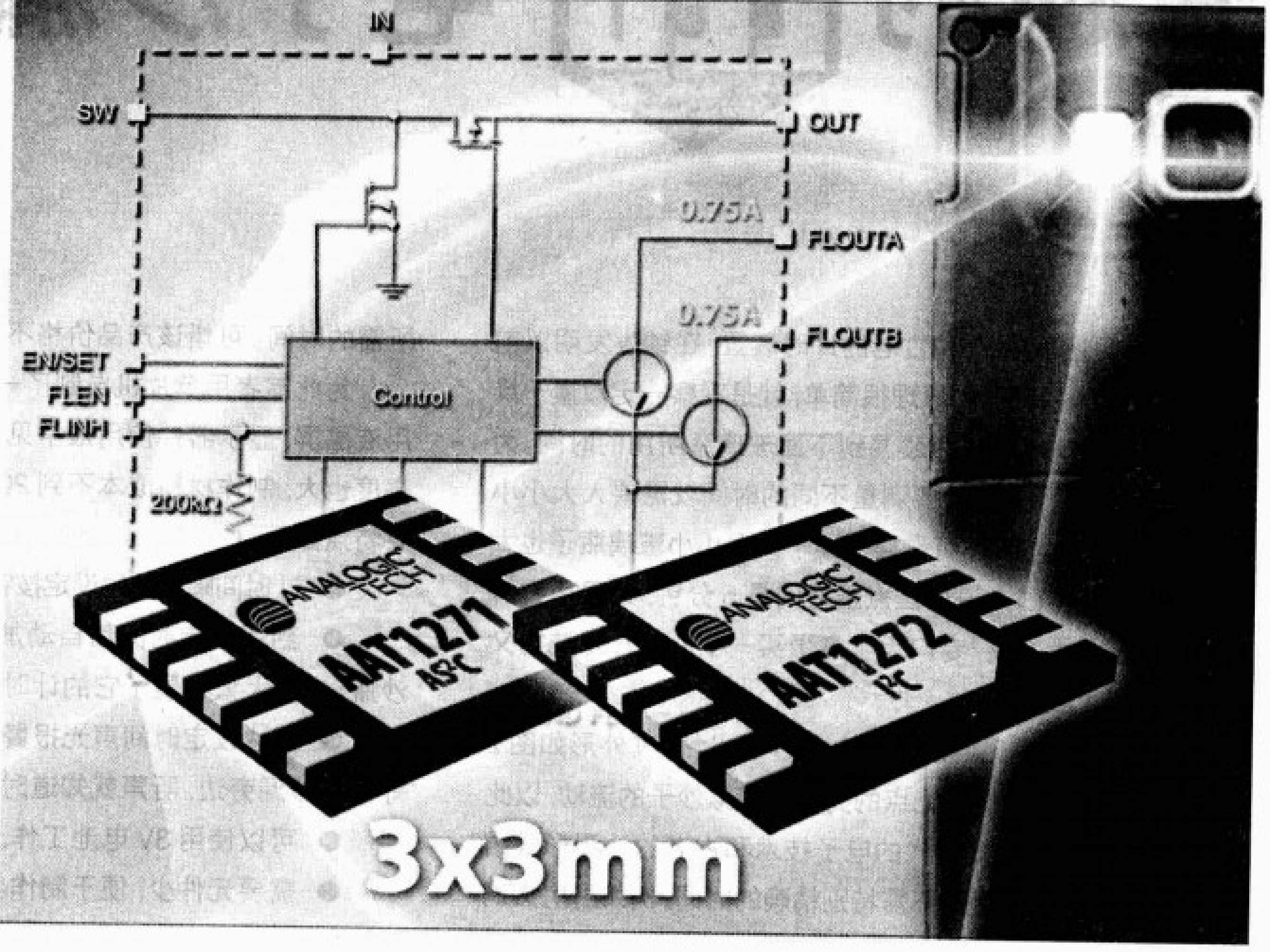
日前，德州仪器(TI)公司宣布推出实现了革命性突破的超低功耗MSP430 MCU系列新产品——MSP430F5xx，该MCU的工作功耗与待机功耗分别仅为160μA/MHz（每兆赫微安）与1.5μA，可为便携式应用实现超长的电池使用寿命以及采用超小型电池，甚至根本不使用电池，非常适用于采用太阳能、振动或人体温度等能量收集系统。

MSP430F5xx系列与前代MSP430器件实现了100%的指令集兼容特性，不仅使产品升级轻松易行，同时设计人员还能根据应用需要自由选择本系列中的各种产品。

与1xx、2xx以及4xx等前代产品相比，F5xx器件的处理性能提升了50%以上、闪存与RAM存储器容量也实现了双倍增长，从而使系统能以极小功耗运行的同时还可执行强度极高的任务。设计人员可充分发挥高达25MHz峰值执行性能，同时确保仅为160μA/MHz的极低功耗。器件的唤醒时间不足5μs，而且可在待机与休眠模式下保持全部工作状态，能够根据外部中断等事件满足全面的性能要求。多通道直接存储器存取(DMA)技术可在确保内核保持在低功耗模式的同时，实现与外设交换数据。F5xx支持业界同类产品中最高的代码密度，同时还能在最小化存储器与功耗要求的同时最大限度地提升性能。

F5xx器件支持高达16KB的RAM以及高达256KB的闪存，比前代MSP430F2xx、F1xx以及F4xx器件提升了一倍。此外，这些新器件还能在低至1.8V的电压下实现读取/删除/写入功能。对于采用两节AAA电池的应用而言，甚至在电池电量快耗尽、每节电池电压降至0.9V时也能支持闪存写入功能。

最新面世的
LED驱动方案



○ 文/编辑部

美国研诺逻辑科技有限公司近日推出高电流白光发光二极管（WLED）闪光灯驱动器，产品编号为AAT1271和AAT1272。AAT1271和AAT1272都是高效率、高电流的升压转换器，专为LED照相闪光灯应用而设计，也是针对为移动系统供电的单节锂电池而设计的，可在2.7~5.5V的输入电压范围内运行。两款转换器都使用高达2MHz的开关频率，通过允许使用较小的外部电感器和电容器来帮助减少系统占板面积。它们采用1μH的电感器就能获得高达85%的效率。

AAT1271和AAT1272具备双通道，能够以每通道高达750mA的电流驱动两个高电流WLED。另外，这两个通道也可以合并，以高达1.5A的电流驱动一个WLED。AAT1271带有研诺专有的单线AS2C接口，而AAT1272提供了行业标准的双线I²C接口。

这两款转换器提供了单独的闪光灯启动和电影模式启动输入方式，可控制闪光灯和电影模式的运行。设计师们采用了一个单一的外部电阻来设定满量程闪光LED电流，提供从闪光到电影模式的7.3:1电流比率预设值。设计师们使用AS2Cwire或I²C接口，能够将电影模式的电流在预设值到其他15个层级的范围内进行任意调节。另外，AAT1271添加了一个在GSM移动应用中的闪光抑制输入以降低在功率放大器传输中的闪光电流，从而避免了高电池电流条件下由电池过度损耗而造成的系统重启。鉴于它们的高驱动电流能力，两个转换器还都具备输入电流限制的能力和一个真正的负载断开开关，能够将关机时的供应电流降低到1μA以下。

两款新的转换器还包括一个用户可编程的闪光灯安全计时器。这项功能主要用来在软件失效的情况下通过终止闪光脉冲来保护闪光LED免受热损伤。AAT1271和AAT1272的额定工作温度范围是-40℃~+85℃，使用AS2C或者I²C总线，安全计时器可以在16个不同层级上进行编程。

AAT1271和AAT1272订货量为1000时每片单价为1.49美元。

五花八门流水灯

有趣的LED电子沙漏

○ 文/卫小鲁

沙漏(见图1)是一种古老的计时装置，在钟表发明以前曾经广泛用于时间测量，原理很简单，就是观察一定数量干燥细沙从上面玻璃瓶通过瓶颈漏到下面玻璃瓶所用的时间。为了延长计时就颠倒沙漏，要测量不同的时间就需要大大小小各种沙漏，简单是简单，可是摆一桌子大大小小玻璃瓶子也太不方便了吧？英国人说最佳煮蛋时间是5分钟，如果用闹钟或掐秒表都不太方便，专门为了煮蛋买一个沙漏？那炖肉又要一个时间更长的？

笔者在网站上见到国外有电子沙漏出售，其外形如图2所示，它用液晶显示屏上光点的亮灭来模拟沙子的流动，以此来计量时间，这样就把现代的电子技术和古老的沙漏形式结合起来，可以方便地计量不需特别精确的时间，例如厨房烹调所需的时间。可惜该产品价格不菲，标价合100多元人民币。

为此笔者用单片机自制了一个电子沙漏，因无法找到专用液晶屏，显示器件使用最常见的高亮LED，既简单又便宜，亮度也大，制作材料成本不到20元。其外形如图3所示，主要特点如下：

- 计时间隔可通过设定按钮在1～10分钟范围内调整；
- 到达设定时间后自动加载重新计时，无需反复颠倒沙瓶，这样大大扩展了它的计时范围；
- 到达设定时间声光报警，这个很方便，使得我们无需守候在沙漏旁边，听声就知道时间到没到；
- 可以使用3V电池工作，耗电小，外形小巧；
- 需要元件少，便于制作。

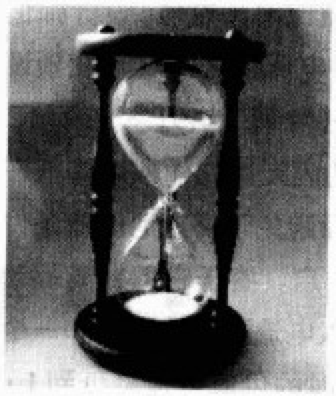


图1 沙漏

图2 液晶电子沙漏

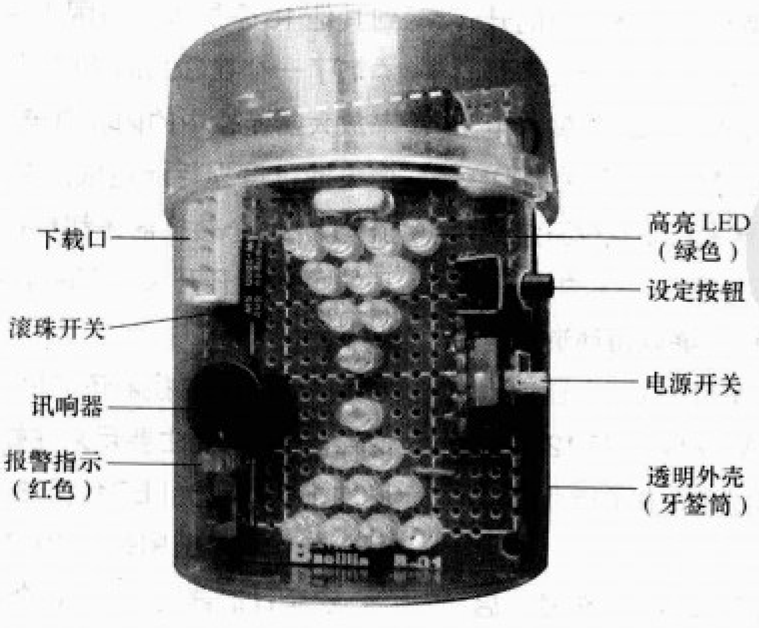


图3 自制的LED电子沙漏

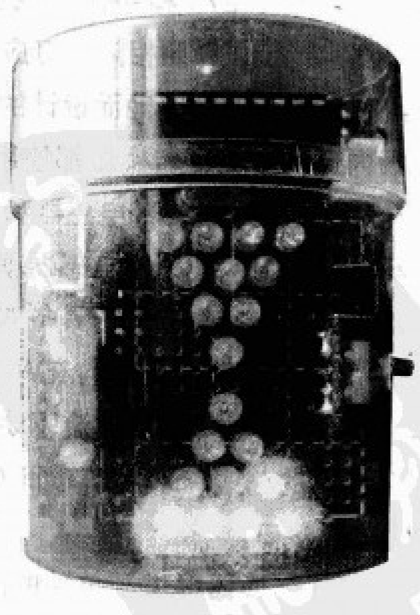


图4 设为5分钟定时

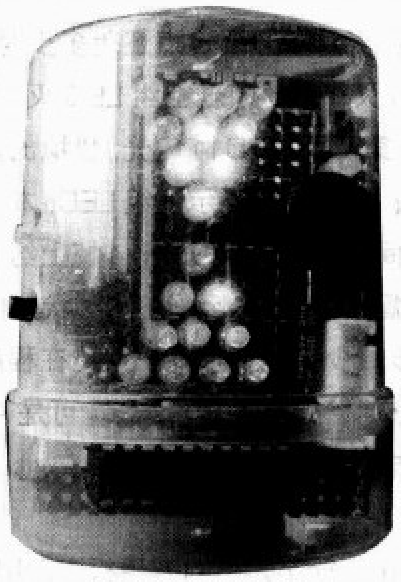


图5 倒立开始计时

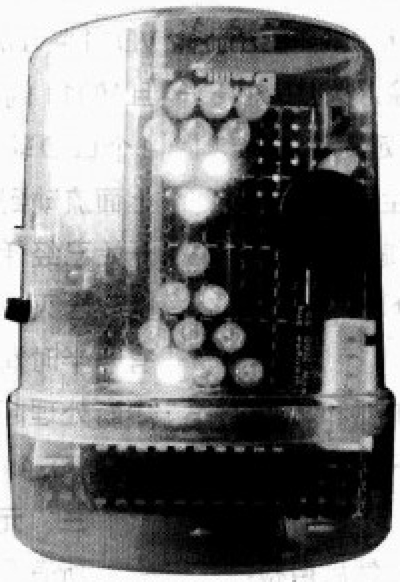


图6 已计时2分钟

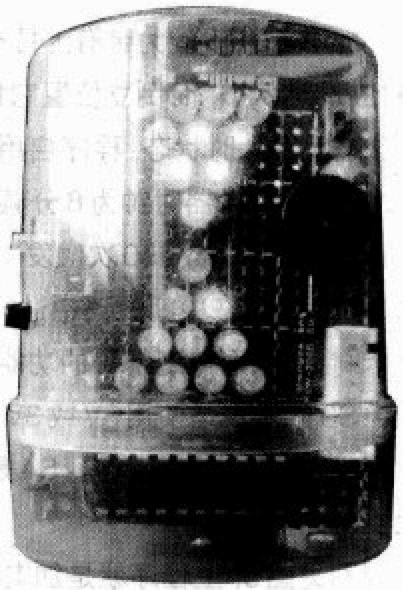


图7 定时器重置

以煮蛋计时5分钟为例，看看实际使用过程：通电，按5下设定按钮，5个LED亮，设定5分钟，见图4。水烧开了下蛋，定时器倒立计时见图5。你这时不必守着炉子耗时间，可以忙里偷闲干点别的，如烤馒头。已经过了2分钟，到达设定点还差3分钟，见图6。计时时间到，声光报警，定时器重置，见图7。你赶紧回来关火捞蛋。标准蛋煮好了，接下来开始下一轮5分钟计时。

是不是很有趣呢？如果你也想做一个，就继续往下看吧。

一、电路原理

电路原理图见图8。AVR低档单片机Atinny2313用作时间信号发生器，它的PB口和PD5、PD6共10根口线驱动排列成正、倒三角形的2组（每组10个）共阴极连接LED，由PD2、PD3通过两个三极管控制两组LED的分时轮流显示。PD1上的小按键S2是设定按钮，在电路板正立位置也就是设定状态，每按动一次S2，下面的LED：VD11～VD20就增加一个发光，定时也就增加1分钟，按10次，下面的10个LED全亮，继续按则从1开始重新设置。

本来AVR单片机都自带内部RC振荡电路，无需任何外接元件也能工作，可是现在作为要求比较准确的计时，还是采用了外接4MHz石英晶体和电容，通过8分频得到500kHz的主时钟（也就是周期2 μs）。

接在PD0上的开关S1是位置感应开关，电路板处于正

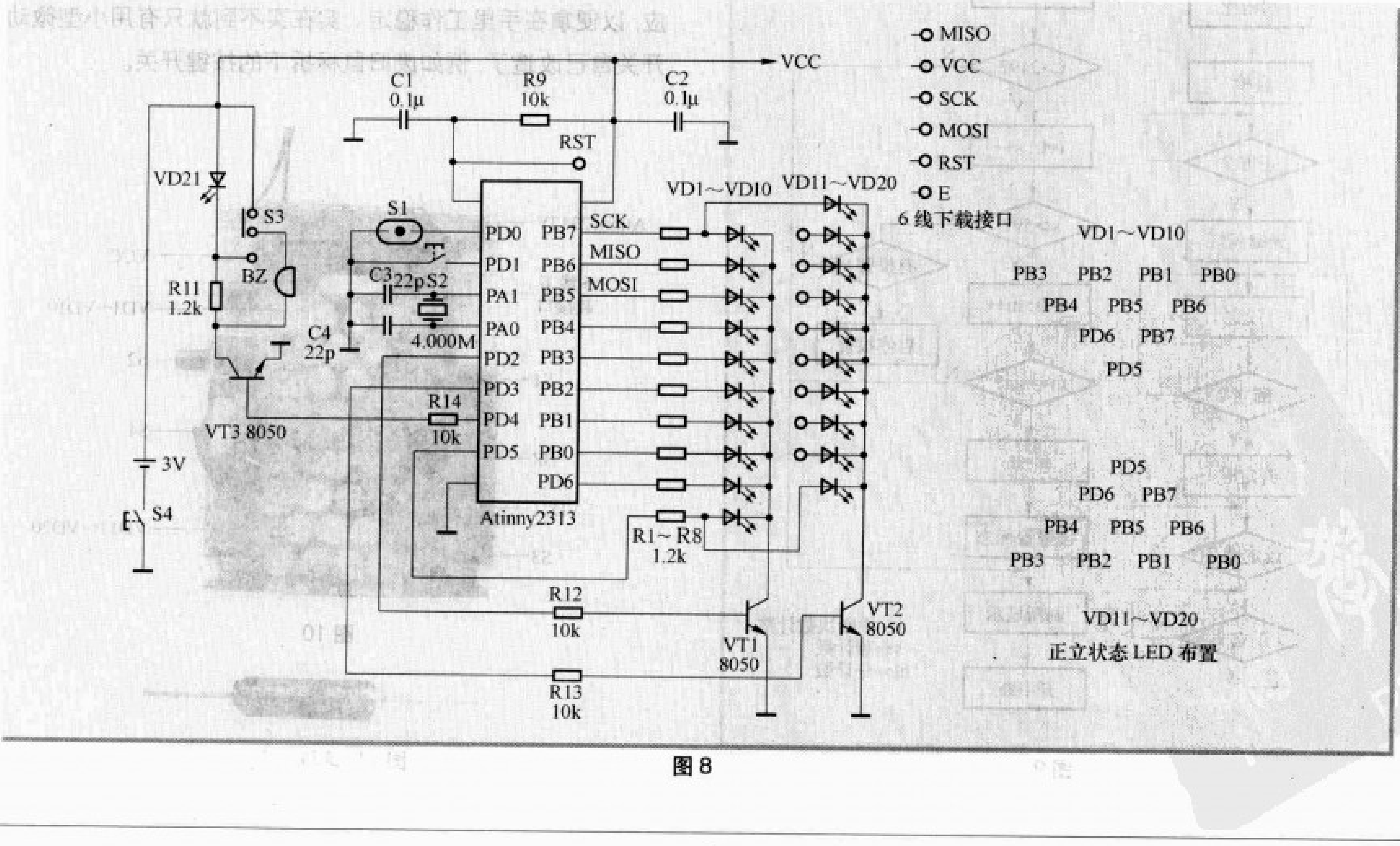


图8

立位置它断开，PD0设置为带有上拉电阻的输入端，此时输入为高，对应设定状态，而倒立位置它接通，PD0 输入为低，对应计时状态。在计时状态，程序启用了内部 8 位定时计数器 T/C0，设定这个定时器时钟为 8 分频，也就是发生周期 16 微秒计时脉冲；让它计数250 次触发 1 次比较中断就可以得到 4ms 的计时间隔。在中断处理中进行计秒、计分、设定点处理和显示刷新，从而得到所需的功能。

图中 S3 的作用是使用 5V 或 3V 电源时，讯响器和 VD21 串联或并联，不需要经常改变。S4 是电池电源开关。

二、程序流程

流程图见图 9，主程序就是加电以后初始化，然后自检：20个LED轮流亮一遍确认软件硬件正常，然后如果是正立位置，无键按下，一个 LED 闪光，提示当前处于等待设定状态，然后按键设定，只要不把它倒立就永远处于设定循环，一旦倒立，就启动了定时器和定时器比较中断，进入计时循环。在中断处理中根据中断次数，得到秒计数，按照秒计数得到分计数，对分计数和设定值比较得到报警并定时重置。同时每次中断都进行显示刷新，程序上要达到动态显示 20 个LED，还要具有模拟沙子流动的动感，采用了把一个显示循环分为 4 “帧”（借用一下电视术语）分别显示的方法：第 1 帧：显示上组 LED(注意，计时状态的上组相当于设定状态的下组，也就是 VD11～VD20，以下同）：表示离开设定点还差多少时间，而且 VD11 闪光，下组 LED 灭；第 2 帧：上组 LED 灭，下组有 4 个 LED 轮流亮灭，配合第 1 帧的 VD11 闪光，模拟出沙子从上面流动到下面的过程；第 3 帧：显示下组 LED，本次计时开始已经耗去了多少时间，上组 LED 灭；第 4 帧上组和下组 LED 全灭；依照此顺序循环进行，实际上在计时状态 LED 只有一半时间发光，进一步减少了电源消耗。可见在程序里面中断处理起了关键作用，尽管处理的事情很多，可是 AVR 快得很，在 4ms 的时间完成这么多任务绰绰有余。

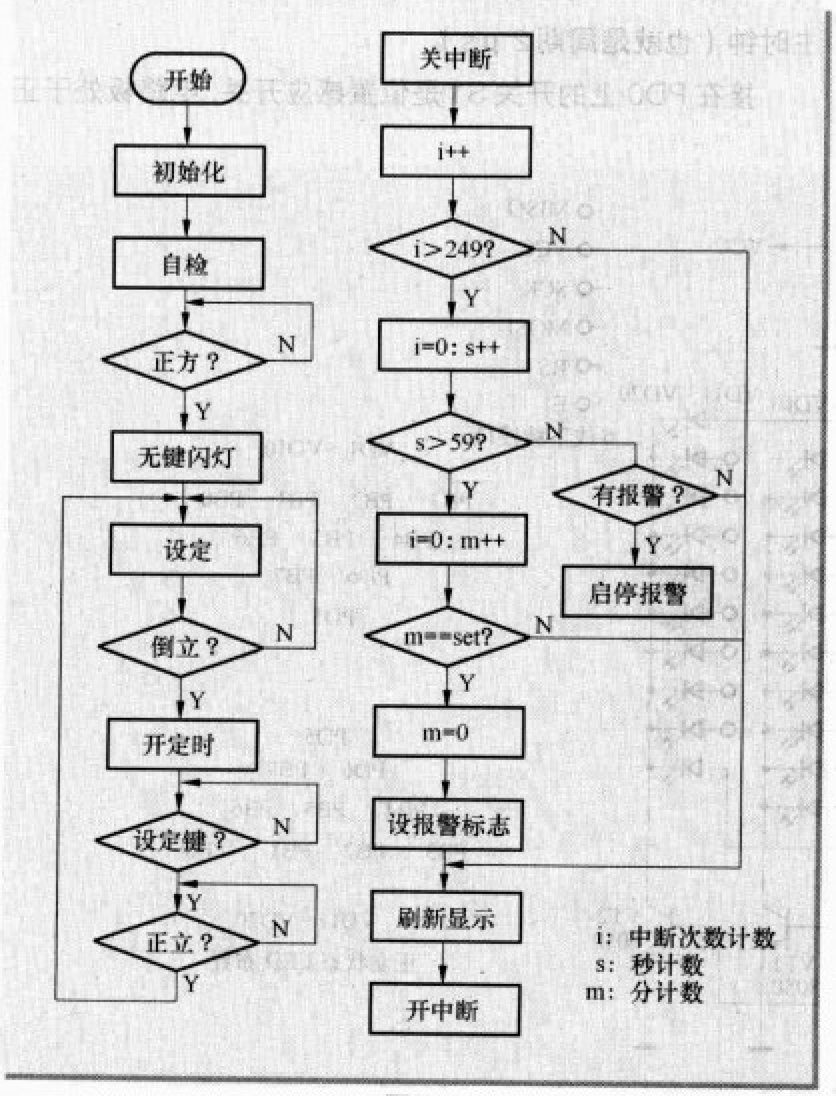


图 9

三、元件选用

所有零件安装在5cm×6cm大小的万用板上，用细的绝缘导线连接焊点。完成后的电路板外观见图 10。

单片机用的 Atinny2313V，引脚和 89S2051 兼容，虽然改写程序后也能用 2051 代用，可是 2313V 最低电源电压可以到 1.8V，2051 只能到 2.7V，显然 2313V 更适合 3V 电池工作，例如电池电压下降到2.4V除了发声不行外仍然能可靠地工作。

VD1~VD20 用 3mm 直径无色透明封装绿光高亮管，工作电流小、亮度高，3V 电源，限流电阻 1.27kΩ时，工作起来亮度也很好。VD21 是红色管。

S1可以用小型水银开关，这里用的是同样功能的单向滚珠开关，如图11中所示。滚珠开关的触点弹跳效应比较明显，程序设计中要加入延时检测，主要注意它在接通状态可能由于震动而短暂断开引起误动作，但是它在断开状态没有大幅度震动却不会自动短时接通，所以把设定状态和开关断开对应，以便拿在手里工作稳定。实在买不到就只有用小型微动开关自己改造了，例如废旧鼠标拆下的按键开关。

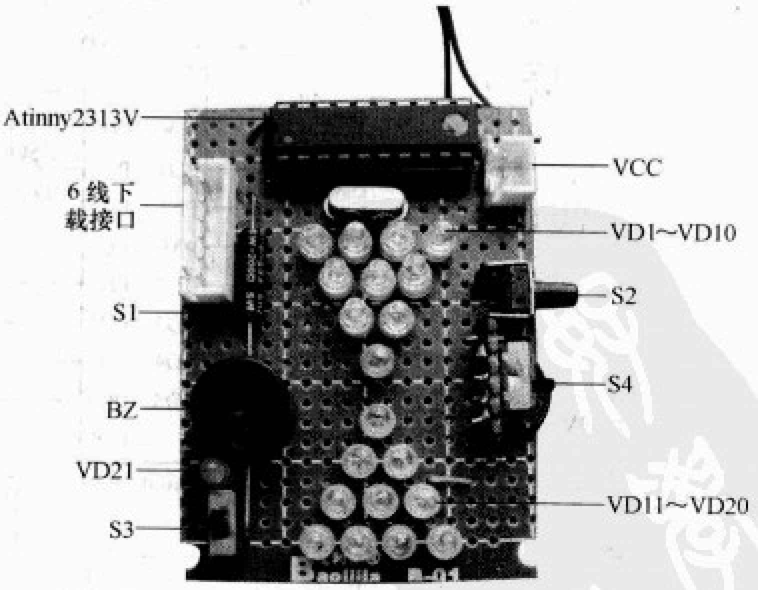


图 10

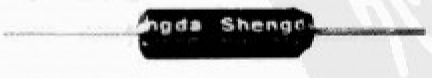


图 11 滚珠开关

S2用小型按钮，这里用的是直立安装的，按钮动作方向和电路板平行。

S3是小型1×2开关，也可以用插针加短路块代替。

BZ为微型直流有源讯响器，3V电源就很响亮。

电源可以用5V整流电源，也可以用3V电池。

晶体管都是用NPN管8050，这里和限流电阻都是用的贴片元件，普通封装当然没有问题。

四、编程要点

程序不大，仅仅就功能而言也比较简单，但在细节方面应注意以下几点：

1.为了达到部分模拟显示的效果，例如，正立位，设定状态，设定值1～10是由下面三角形底边上的LED（即VD11到VD14）亮起，逐渐往上增加发光的个数，倒立位，计时状态，VD11～VD20变成了上部倒立三角形，设定值1就对应VD20，也就是从倒立三角形的最下面顶角往上发光的个数表示设定值，因此采用对PB口查表的方法决定正立和倒立对同一个数的显示驱动（再加上对于PD6、PD5的赋值）。

2.按键处理以及位置开关状态都要考虑触点开闭时的弹跳状态加以必要延时。

3.为了计时准确，可以微调比较定时OCR0A的预置值（试验决定）。

4.2313出厂时熔丝位的默认设置为内部RC振荡，8分频8MHz如图12所示，现在要改为使用外部4MHz晶体，熔丝位配置如图13所示。

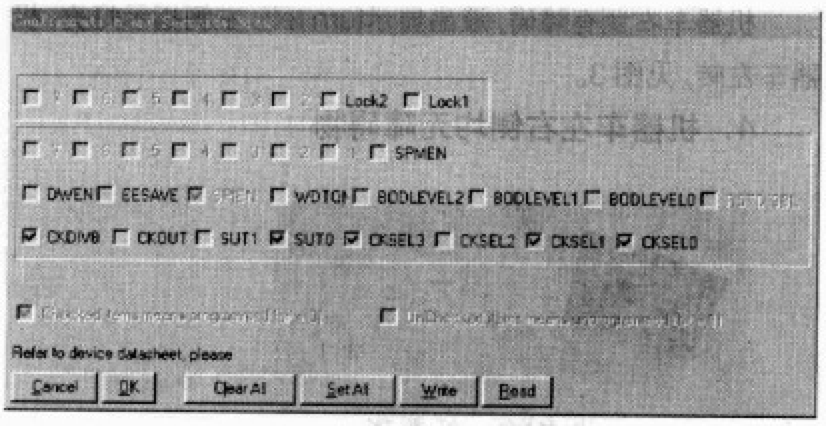


图12

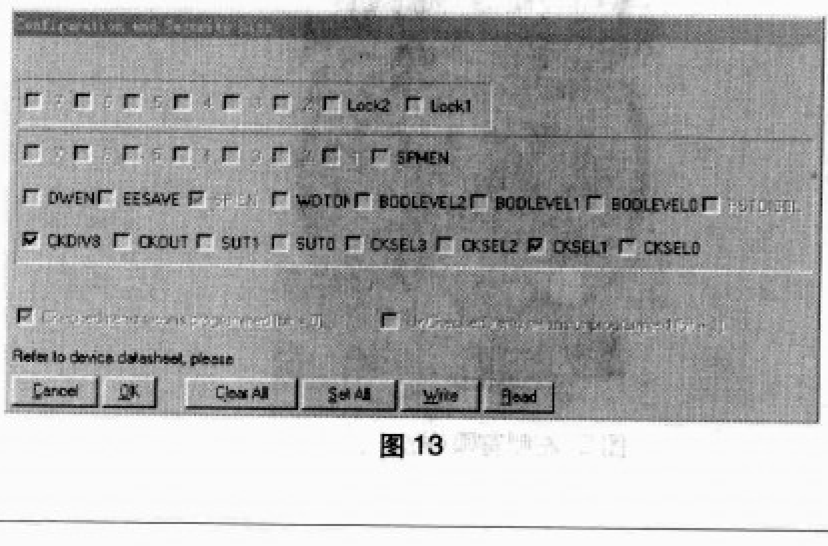


图13

5.注意2313的主时钟虽然在熔丝位已经设置为8分频，但是这只是分频初始值，保险起见，必须在程序中初始化时加入CLKPR=0X80; CLKPR=0X03;两句确保程序一直以4MHz 8分频即500kHz运行。

6.使用CVAVR为编程平台，使用编程向导，初始化代码自动完成，非常方便。使用WIN AVR也可以。C代码见本期配刊光盘。

五、安装调试

安装前元件要测试一下，LED较多，最好一一试验，以免把坏的焊上去又要返工，滚珠开关也要试验是否动作灵活。安装完成后仔细检查避免焊点之间短路。确认电源没有问题就可以装上芯片，下载程序。去掉下载线，接通5V电源，电路板正立，会看到20个LED很快顺序闪亮一遍然后VD20不停闪亮，就可以按键输入设定值，只要保持正立就可以一直循环输入。然后倒立，开始计时。每过1分钟上面的LED熄灭一个，下面的LED点亮一个，在这过程中上面的LED20和下面的LED10、LED8、LED5、LED2轮流亮灭，就模拟了沙子从上面流到下面。到达设定时间，下面的LED全部熄灭，上面的LED又恢复到开始计时状态，继续下一轮计时，同时发出报警3次。可以用一个电子钟表比对快慢。通过改变寄存器OCR0A的数值微调，理论值是250，实际上可以略微减少，例如249，就可以得到比较准确的结果。

最后将电路板和电池一起装入一个合适的透明外壳中，例如牙签筒就可以投入使用了。用3.2V新电池测试电流消耗很小，设定时最大约4.5mA（10个LED全亮），计时过程中最大1.4mA，报警时讯响器发声电流大些，有14.5 mA，但是持续时间短，每次就3个1秒。它的不足之处是无法对10以上的素数定时，如13、17、19分钟等，要搞成数码显示，又不成其为沙漏了。

如果你觉得计时单位1分钟太长或太短，可修改程序把计时单位改为1秒，或者3分钟，感兴趣的读者不妨一试。

征稿启事

单片机栏目的“五花八门流水灯”系列文章已介绍的能显示文字、图像的摇摇棒，LED旋转屏，摇臂LED时钟等电路受到了读者的喜爱。如果你有类似的有趣的、有创意的制作，欢迎向本刊投稿（radio@radio.com.cn），请在邮件主题栏注明“玩转单片机”。

走自己的路
——自动避障机器车

○ 文/宋泽清

随着传感技术、计算机科学、人工智能及其他相关学科的迅速发展，机器人小车也正向着智能化的方向发展。自动避障机器车是一个集环境感知、动态决策与规划、行为控制与执行等多种功能于一体的综合系统。自动避障机器车利用红外线扫描避障，启动后巡逻前进，当遇到前方有障碍物时，能自主选择路径绕开障碍物继续前进。

避障方案选择

方案一：采用超声波避障，超声波受环境影响较大，电路复杂，地面对超声波的反射会影响系统对障碍物的判断。而且程序处理较复杂，程序量较大。

方案二：采用红外线避障，利用555集成电路来产生38kHz信号对红外线发射管进行调制，单片机控制发射，发射出去的红外线遇到避障物时反射回来，红外线一体化接收头对反射回来的信号进行解调，输出TTL电平，单片机中断接收。外界对红外信号的干扰比较小，成本也比较便宜，程序处理比较容易，易于实现，故采用方案二。

功能介绍

当遇到前方有避障物时，能自主选择路径绕开障碍物继续前进。

机器车运动避障情况如下：

1．机器车左右侧均有障碍物

机器车左右侧均有障碍，液晶显示backward，左右后指示灯亮，机器车后退，见图1。

2．机器车左侧有障碍物

机器车左侧有障碍物，液晶显示turn right，右侧指示灯亮，机器车右转，见图2。

3．机器车右侧有障碍物

机器车右侧有障碍，液晶显示turn left，左侧指示灯亮，机器车左转，见图3。

4．机器车左右侧均无障碍物

图1 左右侧均有障碍物

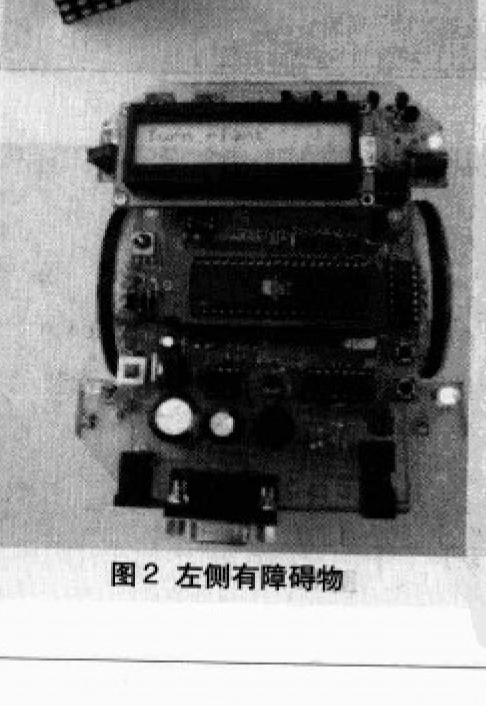


图2 左侧有障碍物

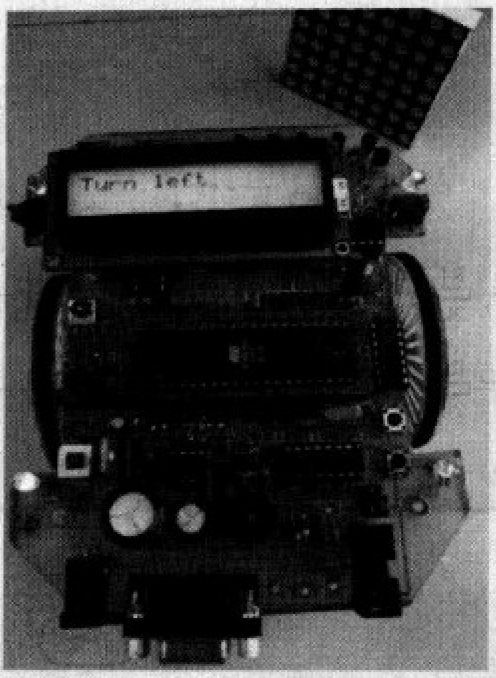


图3 右侧有障碍物

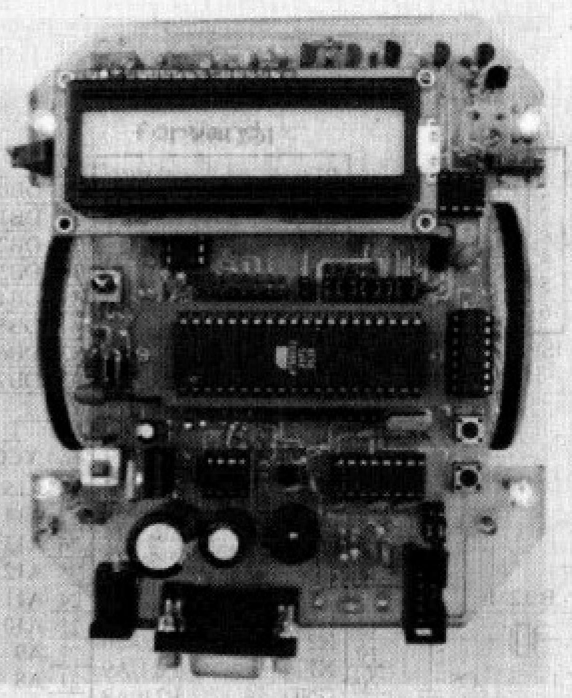


图4 左右侧均无障碍物

机器车左右侧均无障碍，液晶显示forward，左右前指示灯亮，机器车前进，见图4。

工作原理

系统构成见图5，各部分硬件电路的工作原理如下：

1．电源电路

车载电源采用6节1.2V镍氢电池提供7.2V电源，经三端稳压器LM7805稳压、电容滤波后获得5V直流电源供给后续电路使用。镍氢电池的充电使用专用充电器。

2．显示电路

显示电路由两部分组成：

（1）液晶显示电路（见图6）

液晶显示电路由1602液晶显示器、电阻R15、电位器RP4组成，用于机器车的状态指示。

（2）发光二极管指示灯电路（见图7）

发光二极管指示灯电路由一个锁存器74HC573驱动4个发光二极管VD3、VD4、VD5、VD6，其中VD3、VD4用于左转弯提示，VD5、VD6用于右转弯提示。

3．单片机系统电路（见图8）

单片机系统电路中单片机采用Atmel公司的89S51单片机，配有ISP在线下载接口J1方便程序下载，复位电路由按键S1、电解电容C2、电阻R14组成，时钟电路由12MHz石英晶体B、瓷片电容C4、C5组成，为提高P0口的驱动能力，P0

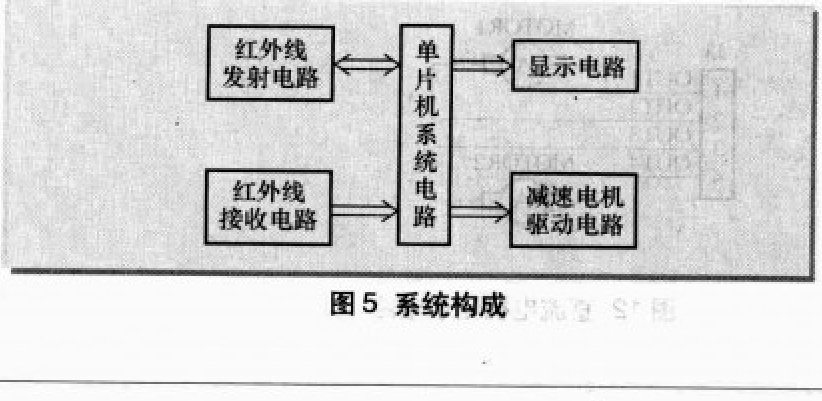


图5 系统构成

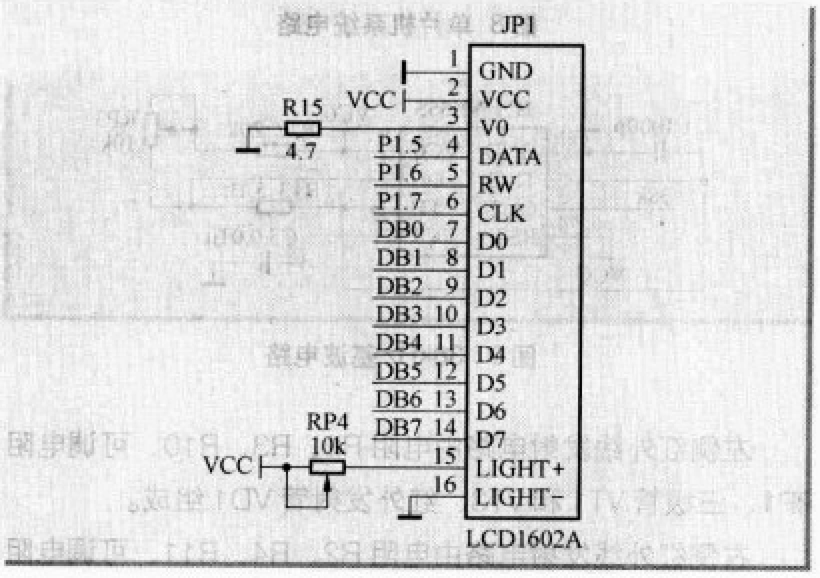


图6 液晶显示电路

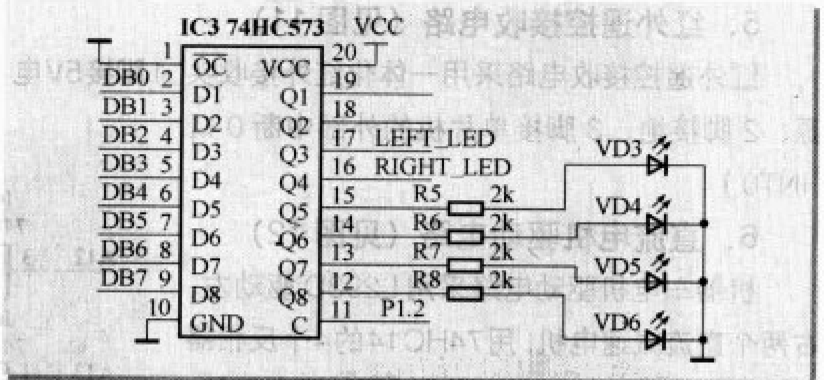


图7 发光二极管指示灯电路

口采用REP1排阻上拉。

4．红外线发射电路

（1）38kHz基波电路（见图9）

38kHz基波电路由555定时器、电阻R12和R13、可调电位器RP3、瓷片电容C1和C3组成。38kHz方波信号由555集成电路的3脚输出。

（2）红外线发射电路（见图10）

红外线发射电路由左右两路组成，用于左右两侧障碍物的探测。

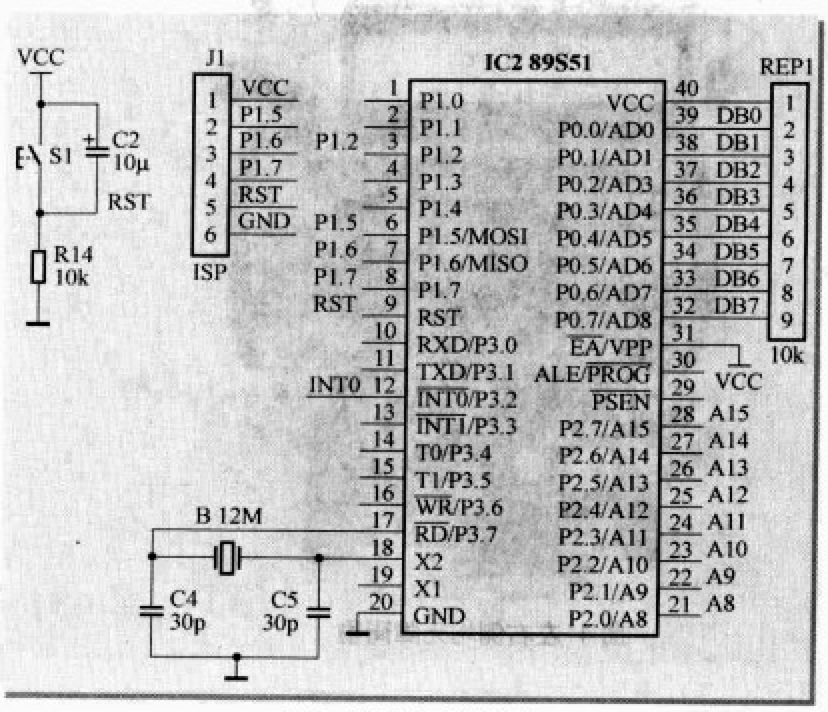


图 8 单片机系统电路

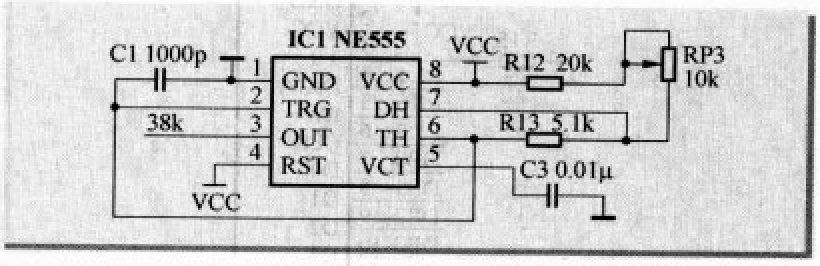


图 9 38kHz 基波电路

左侧红外线发射电路由电阻 R1、R3、R10、可调电阻 RP1、三极管 VT1 和 VT3、红外发射管 VD1 组成。

右侧红外线发射电路由电阻 R2、R4、R11、可调电阻 RP2、三极管 VT2 和 VT4、红外发射管 VD2 组成。

5．红外遥控接收电路（见图 11）

红外遥控接收电路采用一体化红外接收头，1脚接5V电源、2 脚接地、3 脚接单片机的外部中断 0 口（INT0）。

6．直流电机驱动电路（见图 12）

机器车电机驱动电路采用 L293D 驱动左、右两个直流减速电机，用74HC14的4个反相器控制L293D的输入及使能信号，使机器车左转、右转、前进、后退、停止。

软件设计

与该电路相关的程序流程图见图 13，源程序见本期配刊光盘。

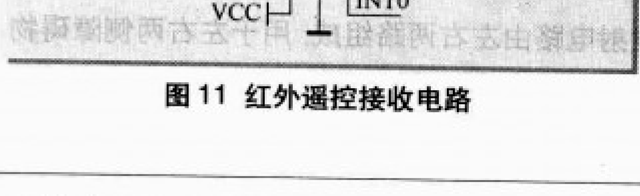


图 11 红外遥控接收电路

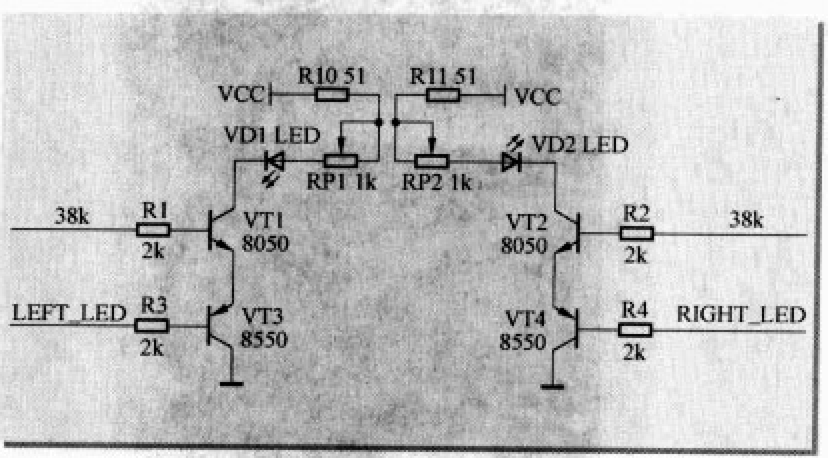


图 10 红外线发射电路

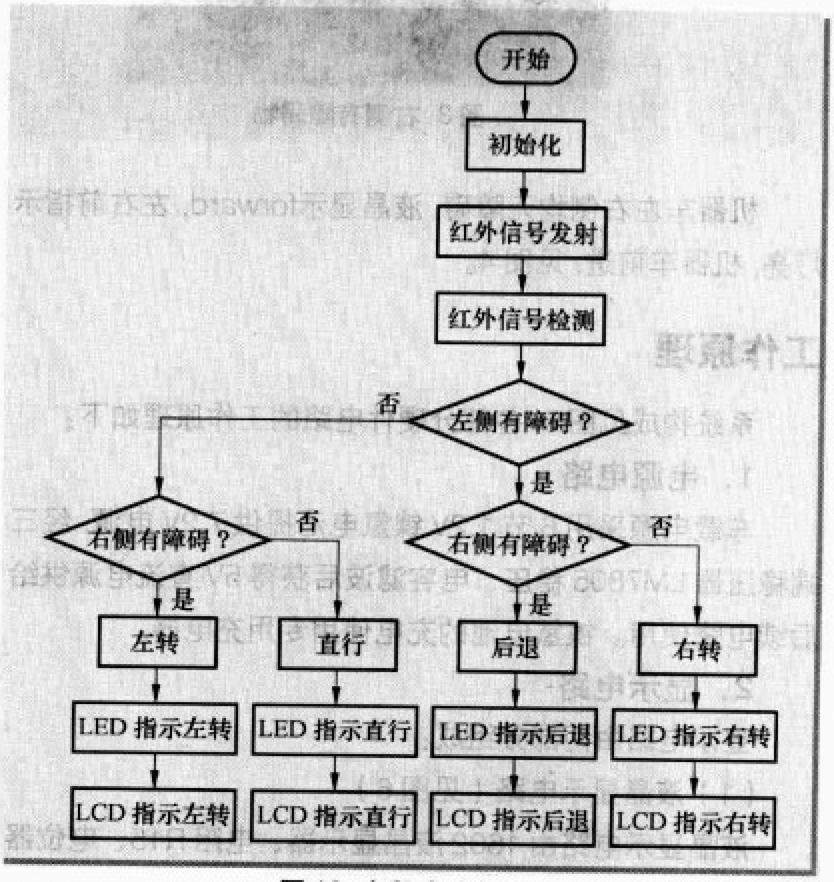


图 13 主程序流程图

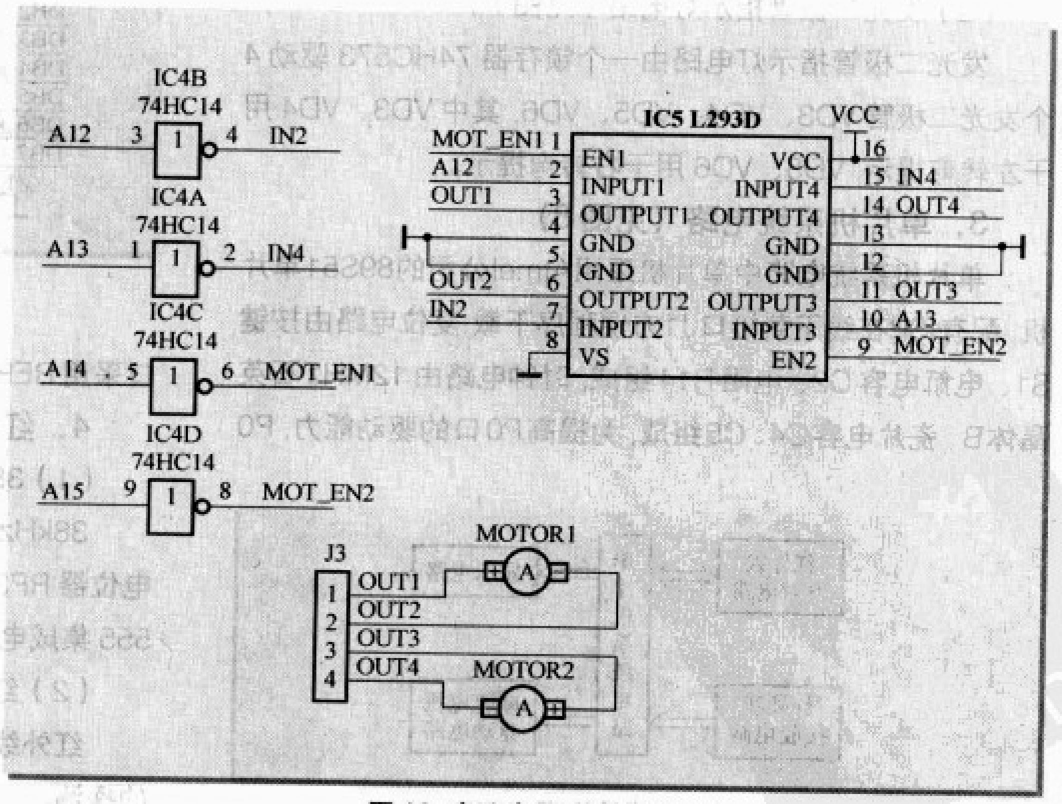


图 12 直流电机驱动电路

能穿透墙壁识别移动物体的节能控制器

○ 文/梁厚漠

我们公司是做物业管理的，消防通道照明都是采用感应控制，但卫生间却没有。以往的做法是，要求保安在所有公司都下班之后，逐层把灯光关掉，我们公司有28层，各公司上下班不一样，这就给管理造成了几个问题：一是常忘记关灯或关灯后客人又打开了，一开往往就是一个通宵；二是有些公司夜里有人值班，夜里常把灯打开又不关。还有就是各楼层上下班时间无法统一不好管理，如做餐厅的没有生意就早下班，有生意就开通宵，这种情况长期下去，一方面靠人手关灯浪费人力资源，一方面灯和排风扇一直开着很浪费电，还有更严峻的问题就是灯和排风扇的使用寿命变短。我们公司每隔一个星期都会进行一次例行检查，发现有的节能灯换了不到一个月就坏了，而排风扇有很多个发出刺耳的噪声，这些都是长时间开机所造成的。

为此笔者根据实际需要设计出一套成本低廉的卫生间节能控制器，用于对卫生间的照明、排风进行节能控制，该控制器可实现以下功能：

1.长时间不用卫生间时，灯和排风扇关闭，有节能降耗的效果。

2.不能影响人的正常使用，尽量不要影响人的视觉效果，人还没走进卫生间，灯和排风扇就应预先启动。

3.人在卫生间里，卫生间的灯和排风扇不能关闭。

4.人离开卫生间后，排风扇应工作一段时间后再关以便把臭气抽走。

探测设备设计采用的方案

方案一：采用定时器

通过以上几个问题的分析，又考虑到若放长假或要改动，那么28层楼都去调一下定时器不方便，再则若夜间值班人员要上卫生间怎么办呢？

方案二：采用一般的感应开关

若用红外感应开关，与人之间不能有东西遮挡，这样人要推开门之后灯才会亮，严重影响人的视觉，给客户造成不安的心理，生怕一会儿灯灭掉；若用声控开关，声音轻了不灵敏，也会影响人的视觉，另外它们的延时都很短，人在里面时间稍长，灯就会灭掉。

方案三：采用雷达扫描模块

它有穿透墙壁的能力，在人还没推开门之前灯和排风扇就已经启动， 不会给人造成视觉的影响。然后采用单片机AT89S52作延时等处理，经过20分钟的长延时后关闭系统，一般人上卫生间用不了20分钟，就算不够用，在这20分钟里他只要稍微动一下或者只要有人进，定时器又会重新开始延时，也就是说在人流多的时候灯是不会灭的，而当所有人走后，系统仍会工作20分钟，以便把臭气抽走。其外形见图1。

整机电路原理框图见图2，其中P0输出段码，P2.4～P2.7输出选通码，P3.2为雷达扫描模块信号输入，P1.0、P1.1为按键输入，P1.2为控制输出。

TWH9250A雷达扫描模块功能及引脚

TWH9250A雷达扫描模块又叫微波扫描模块，主要用于人体移动检测。其控制电路，内部采用微电路芯片作程控处理,具有较高探测灵敏度和触发可靠性，探测与控制两部分合

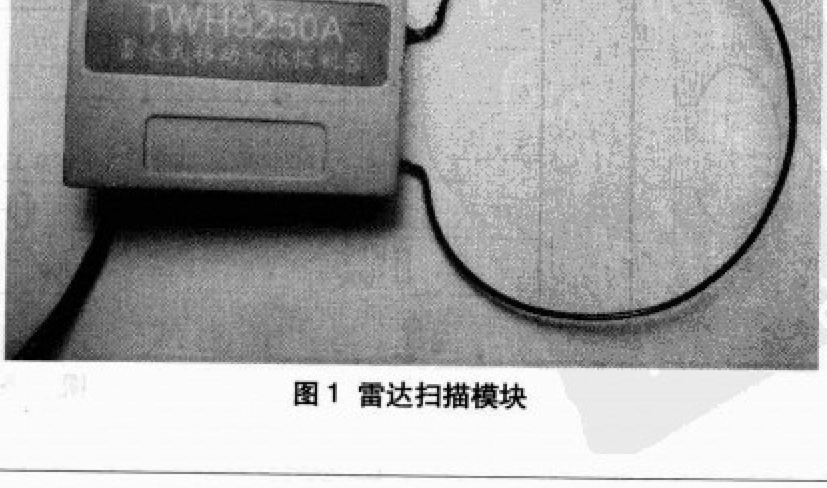


图1 雷达扫描模块

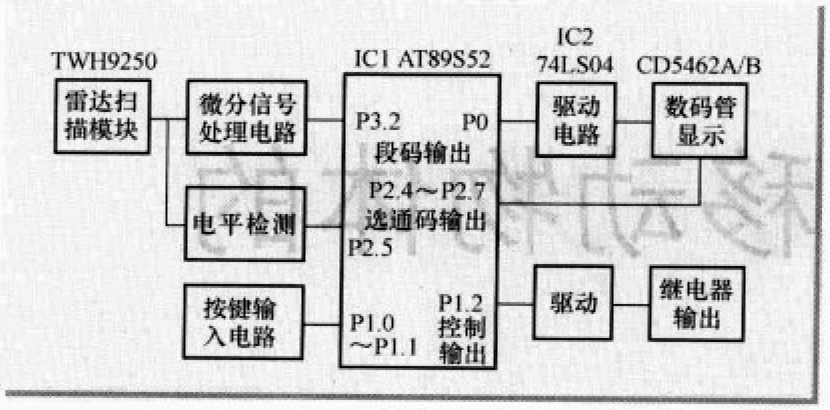


图2

二为一，也就是将TWH9248和TWH8249整合成为TWH9250，守候功耗降低至3mA，集电极开路输出，可直接驱动通用继电器，使用简单，可广泛用于金融工商、仓库、家庭作保安防盗，亦可作物体位移自动化检测开关，如自动门、自动灯等。

TWH9250A的引脚排列见图3，各引脚功能为：V+端接9～12V直流电源，GND端接地。当R端悬空时，电路为全天候探测状态，R端对接暗阻大于2mΩ，亮阻小于1mΩ的光敏电阻时，电路白天"休息"，夜间自动进入工作状态。OUT端为集电极开路输出信号端。

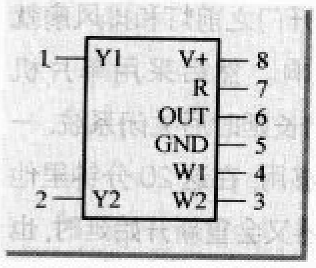


图3 TWH9250A的引脚排列

初次通电时，电路具有40s初次预稳定时间，在这40s内，OUT端持续有输出，当输出信号跳动3次，表示预稳定时间完毕无信号输出，之后只要不掉电，在有效范围每被触发1次。OUT端即有5s输出，若持续被触发，则OUT端亦持续输出。W1、W2端外接微调电阻，用以调节触发灵敏度，当W1、W2端短接时灵敏度为1～2m，调至最高时作用距离大于5m，通常调至3～4m较为合适。

Y1、Y2端接所配置的直径为53mm环天线，圆环平面平行于此平面安装有较高的触发灵敏度，此位置指向防范区域最佳。

延时设计采用的方案

方案一：选择单片机自带的定时功能，配合软件实现。

方案二：选择市场上的多功能时钟芯片DS1302。

本系统采用第一种。因为实际应用中不需要非常精确的延时功能，另外采用AT89S52的T2的16位自动重装功能做出的时钟也很准。其次，若采用DS1302势必增加产品的成本。于是本系统采用单片机内部的可编程定时器T2，配合程序便能满足延时的要求。

显示方案

之所以增加显示系统，一是为了调整延时时间方便直观，二是为以后的功能扩展打下基础。

方案一：采用数码管显示

方案二：采用液晶显示

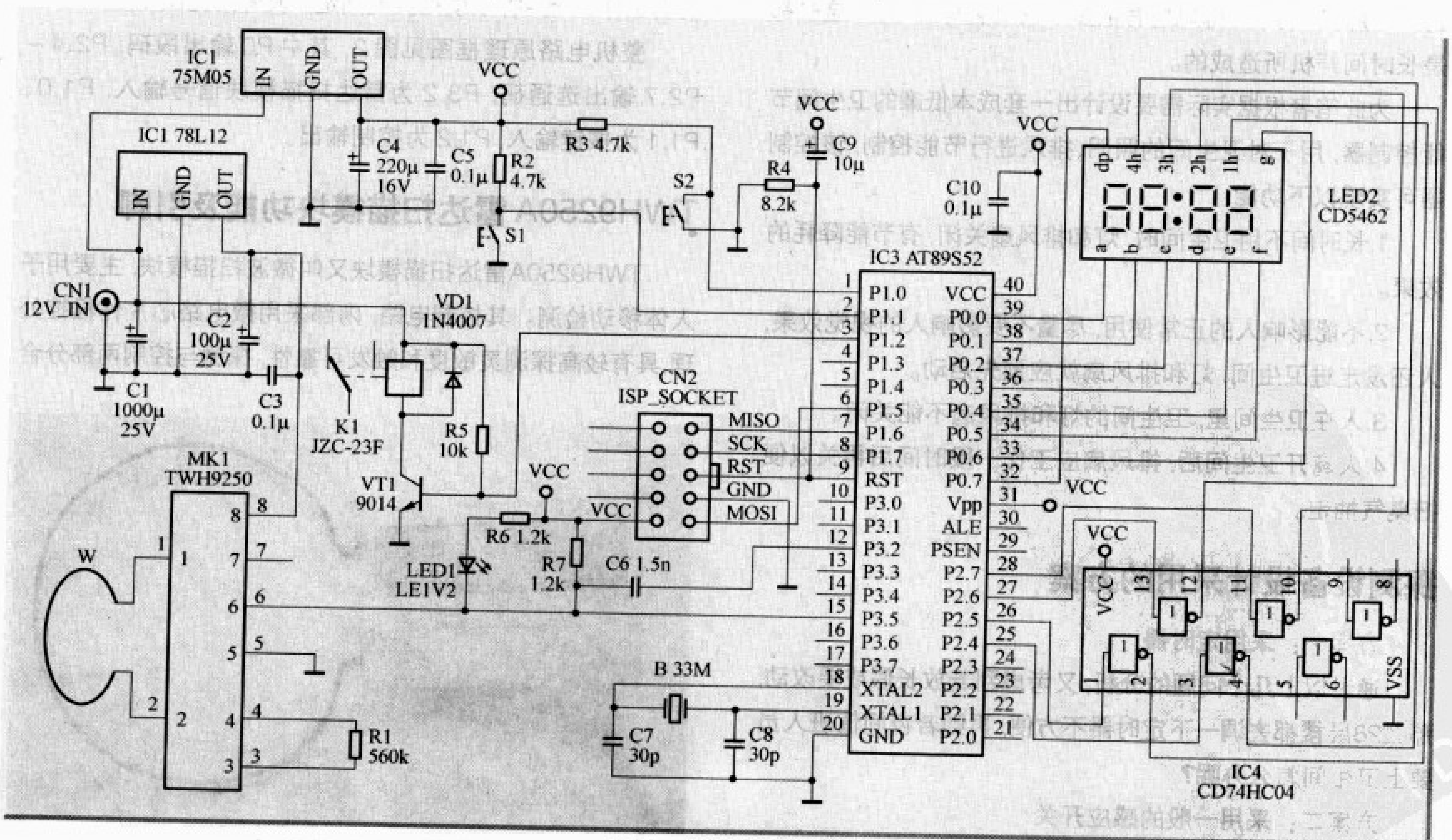


图4 系统总电路图

本系统采用数码管显示，原因是：虽然液晶器功耗低、体积小、工作电压低。但它自身并不发光，如果配灯光既不方便，也给产品设计增加了成本，而数码管则不同，它亮度高、抗震能力强。相对液晶而言，可在高温恶劣环境中运行，且连线简单，设计十分方便。因此本系统采用的是数码管做显示，只用了4位数码管，如果采用6位分别显示时分秒，固然好看，但体积大，且增加了2个数码管的成本，所以采用4位分别显示时分或者通过按键显示分秒，功能和效果一样毫不逊色。

按键输入方案

方案一：采用独立式按键电路

方案二：采用矩阵式电路

本系统采用的是独立式按键电路。虽然矩阵键盘操作简单直观，但要配扩展芯片，如8155等。势必又增加了成本。本系统采用独立按键式结构。为了以后有更好的扩展性，只用了2个按键，仅占用2个I/O口，就可进行用户数据的调整，并且还能对将来扩展功能的数据进行调整。具有丰富灵活的扩展性。为了实现这一功能。同时还要兼顾操作简单。笔者做了以下设计：

第一，调整项目菜单显示功能。让人知道当前显示的内容是什么名称，是时钟还是定时。

第二，要调整那一位数据，就让该数据闪烁。调好后停止闪烁。

系统工作过程

整机电路见图4，上电复位后，显示12：00，定时器默认为20分钟。

对于所有参数的调整方法都是一样的，这是本系统易于扩展的原因之一，现以调时钟为例，介绍一下调整流程。

设当前显示12：00，按S2左两位闪，按S1数值增1，调完后按S2，右两位闪，按S1，数值增1，调整完后，按S2，闪动停止，调整结束。

对于各显示之间的切换，以时/分显示切换为分/秒显示为例：

假设当前显示12：10，按S1，HOMN闪动，意为HOUR小时MIN分钟，指当前显示的小时/分钟，再按S1，MNSE闪动，意为MIN分钟senc秒钟，指该菜单为分/秒显示，按S2进入显示分/秒，同时停止闪动。

软件设计

本电路主程序、定时器T2中断程序、显示程序、按键程序、雷达中断流程图和源程序见本期配刊光盘。

抗干扰措施

由于本系统主要靠市电经变压器降压而得，所以会明显受电压不稳、尖峰脉冲等等的干扰，特别是在设备启动时更为突出。具体措施：

1. 在7805前后级加大滤波电容，减少交流电压波动对系统的影响。

2. 加瓷片电容，减少尖峰脉冲等高频干扰。

由于大电容的结构原因，存在着电感因素，不能消除高频干扰，所以要加瓷片电容。

3. 合理地布置地线。

4. 启用89S52内部的看门狗功能。

系统的安装调试

先挑选元器件，并通过检测合格后再安装至面包板上进行仿真调试。

开始的仿真过程出现了不少错误，查明原因为程序设计问题，经更正和反复试验终于得出正确结果。

试验成功后进行芯片烧写，本系统使用的AT89S52可反复烧录1000次以上，由于系统电路简单，所以没有使用专业印制电路板，直接焊在万能板上，可节约成本。做好的电路见图5。

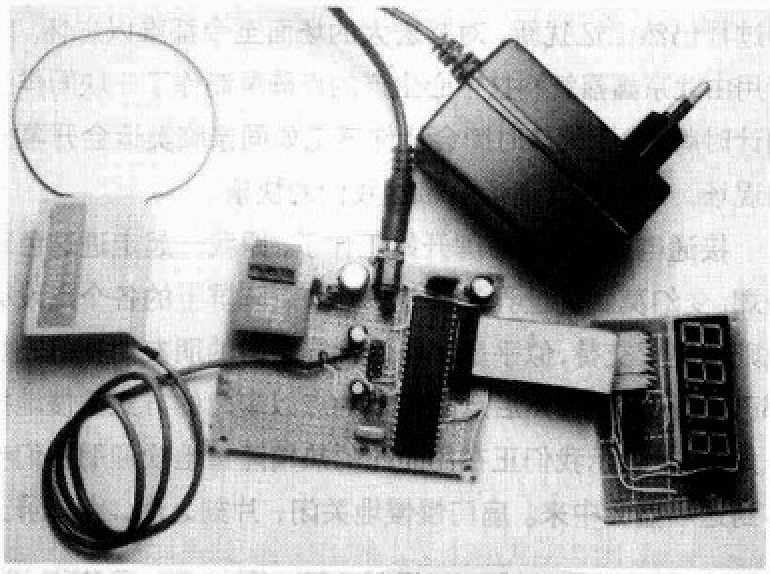
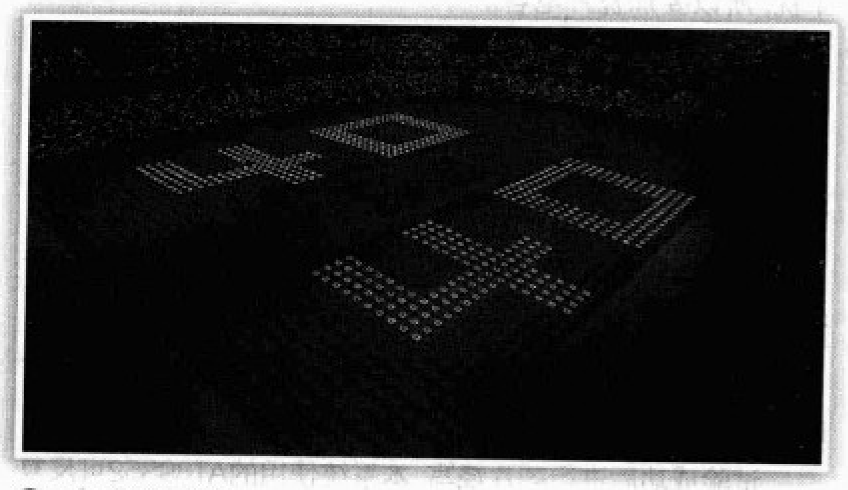


图5

本系统具有较高探测灵敏度和触发可靠性，在人靠近卫生间门3m远时，就能立即启动系统，从而不影响人的视觉，就像没安装一样，而节能方面为公司省了不少电费又延长了设备的使用寿命。本系统经过4个多月的运行没有出现过故障，达到节能控制应具备的功能。

另外本系统扩展性很强，只要添加少量程序即可扩展新功能（如防盗功能、响闹功能），同时成本低廉，值得推广。虽然这只是单片机的一个小小的应用，但能够将学校所学知识应用到实际生活并带来经济效益，这就是笔者不断求学的源动力，并从中尝到了满足感。

精彩纷呈的仿奥运会开幕式
击缶倒计时牌



编者按：本刊与北京鑫嘉智科技中心合作，向读者赠送本文介绍的LED点阵倒计时牌驱动电路核心IC，它是一块烧写好程序的单片机，焊接到外围电路中即可显示丰富多彩的字形。对此感兴趣的读者，可以发电子邮件到radio@radio.com.cn申请，来信主题请注明"LED点阵显示屏驱动IC申请"，并在邮件正文中注明姓名、邮编、地址、单位和联系电话，申请截止日期为2008年12月31日。我们会在《无线电》杂志网站（www.radio.com.cn）上公布获赠名单。

○ 文/付国迎

相信大家对北京奥运会开幕式上击缶点阵所组成的倒计时过程仍然记忆犹新，对其宏大的场面至今都难以忘怀。笔者用由北京鑫嘉智科技中心生产的点阵屏制作了一块同样的倒计时牌，这个倒计时牌会让你感觉如同亲临奥运会开幕式的现场，时时享受奥运所带给我们的快乐。

接通电源，倒计时牌开始工作了，跟我一起走进这色彩斑斓、变幻莫测的世界吧！首先LED点阵屏上的各个点没有规则地亮灭交替，似乎是在告诉世界各国的朋友们我们一切都已经准备好了，然后点阵屏上的点以扇门的方式慢慢地打开如图1，表示我们正在用无比的热情隆重地欢迎朋友们参与到这场盛会中来。扇门慢慢地关闭，片刻之后，点阵屏上的各个点再一次开始没有规则地亮灭交替，让我们静静地等待那激动人心的时刻。接着点阵屏从显示60开始，如图2所示，先以10为一个单位，数字依次递减为50、40、30、20、10，见图3。从10之后，上行显示中文数字，下行显示阿拉伯数字，以1为一个单位，依次递减到1结束。这些数字都是以各种各样动态的方式映入我们的眼帘，其变换过程丰富多彩。看到上面的介绍，您是不是也想拥有一块这样的点阵屏呢？那么现在就和我一起来了解它的原理及制作过程吧！

LED点阵屏的型号为XJZ-8A、8B，其控制部分以51系列单片机为核心，其显示单元为32 × 48点，尺寸为152mm × 230mm。可以显示6个16 × 16点的中文、英文、

图1 扇门打开

图2 数字显示60

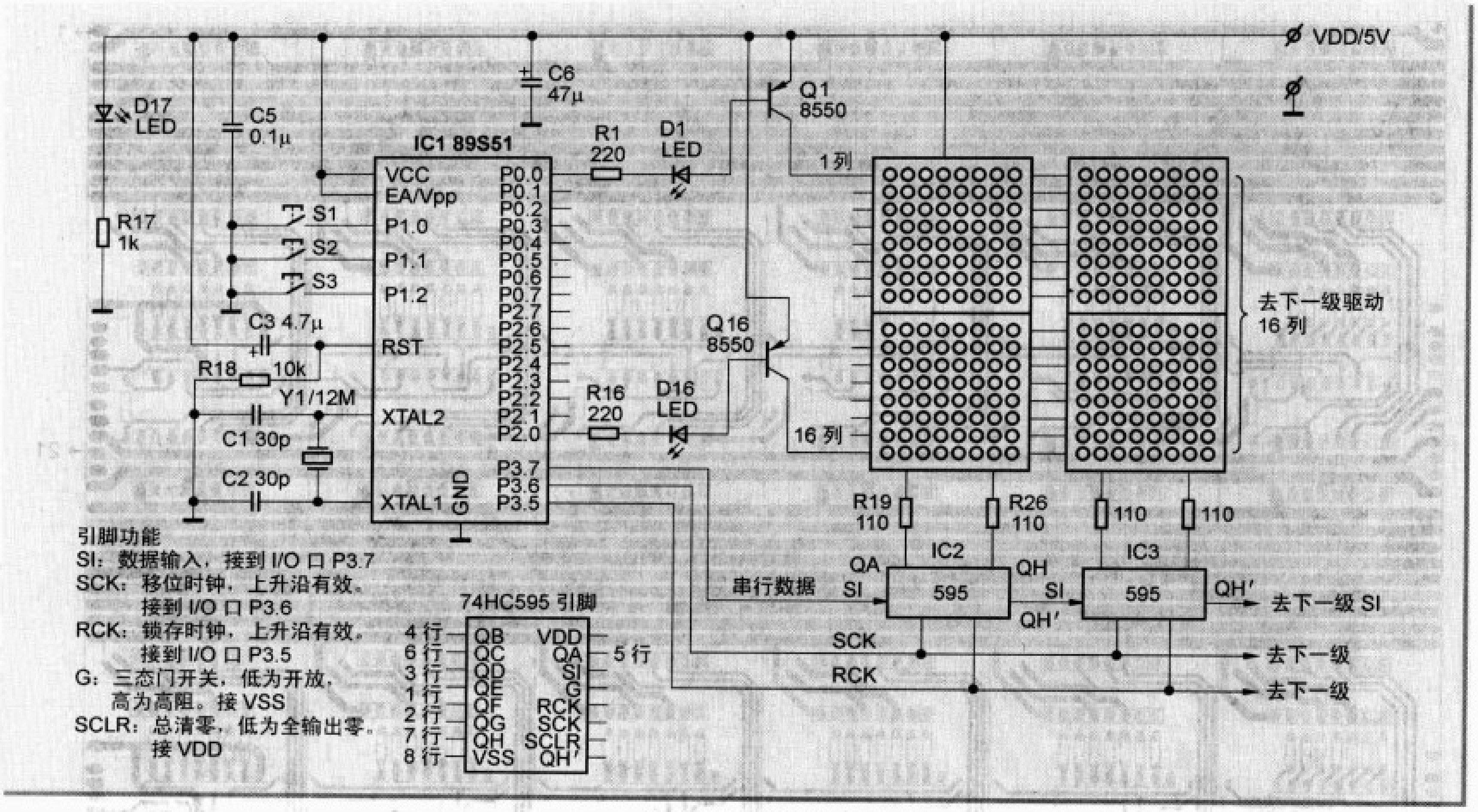


图4 电路原理图

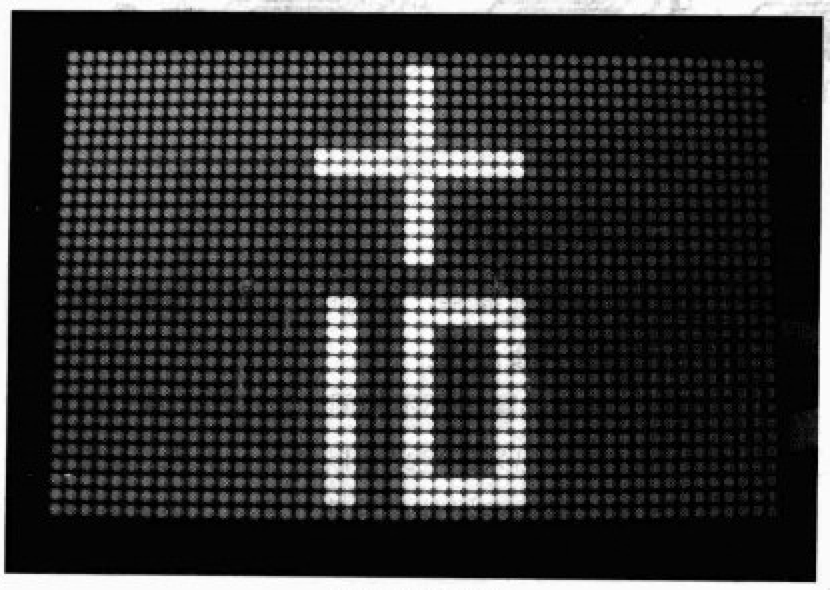


图3 显示文字

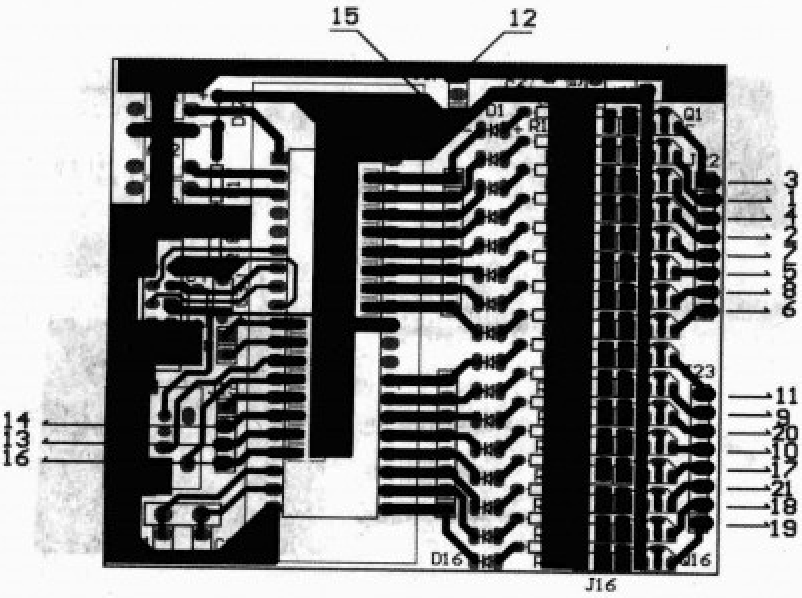


图5 驱动板印制板图

数字及图形。

其中8A型可驱动4个显示单元，8B型可驱动40个显示单元。用该套件可拼装成各种尺寸的LED显示屏。无线电及单片机爱好者使用该套件做LED显示屏实验十分方便。

下面以XJZ-8A驱动两个显示单元(32×48点)为例，做简单介绍。

电路原理图见图4，驱动板印制板图见图5，LED显示板印制板图见图6。

8A的工作原理如下：

当电路接通电源(DC5V)，IC1开始工作，首先进行初始化，将P0口(P0.0~P0.7)、P2口(P2.0~P2.7)全部置1，使Q1~Q16截止，关闭显示屏的16条列驱动线，此时显示屏为全不亮。之后CPU取出字型真值表内的第1组数据值，将假定为35H，将该数据的第7位经P3.7送至移位寄存器IC2的数据脚SI，之后从P3.6口给一个时钟SCK。在SCK上升沿的作用下，SI脚电平被存在IC2的0位中，并且IC2中的所有的数据左移一次。依上述的原理将数据的第6位……第0位逐位装入。接着IC1再取出第2个、第3个数值一直装完一个显示单元共6个数据，以上面同样的方法装IC2芯片，并向IC3、IC4……IC7进位上传，之后经P3.5给一个锁存时钟RCK，在RCK上升沿的作用下，这6组数据锁存在IC2……IC7的对应管脚上，假定这6个数据分别是35H、55H、07H、10H、28H、0AFH，则IC2……IC7对应管脚电平将如图7所示，共48个位。

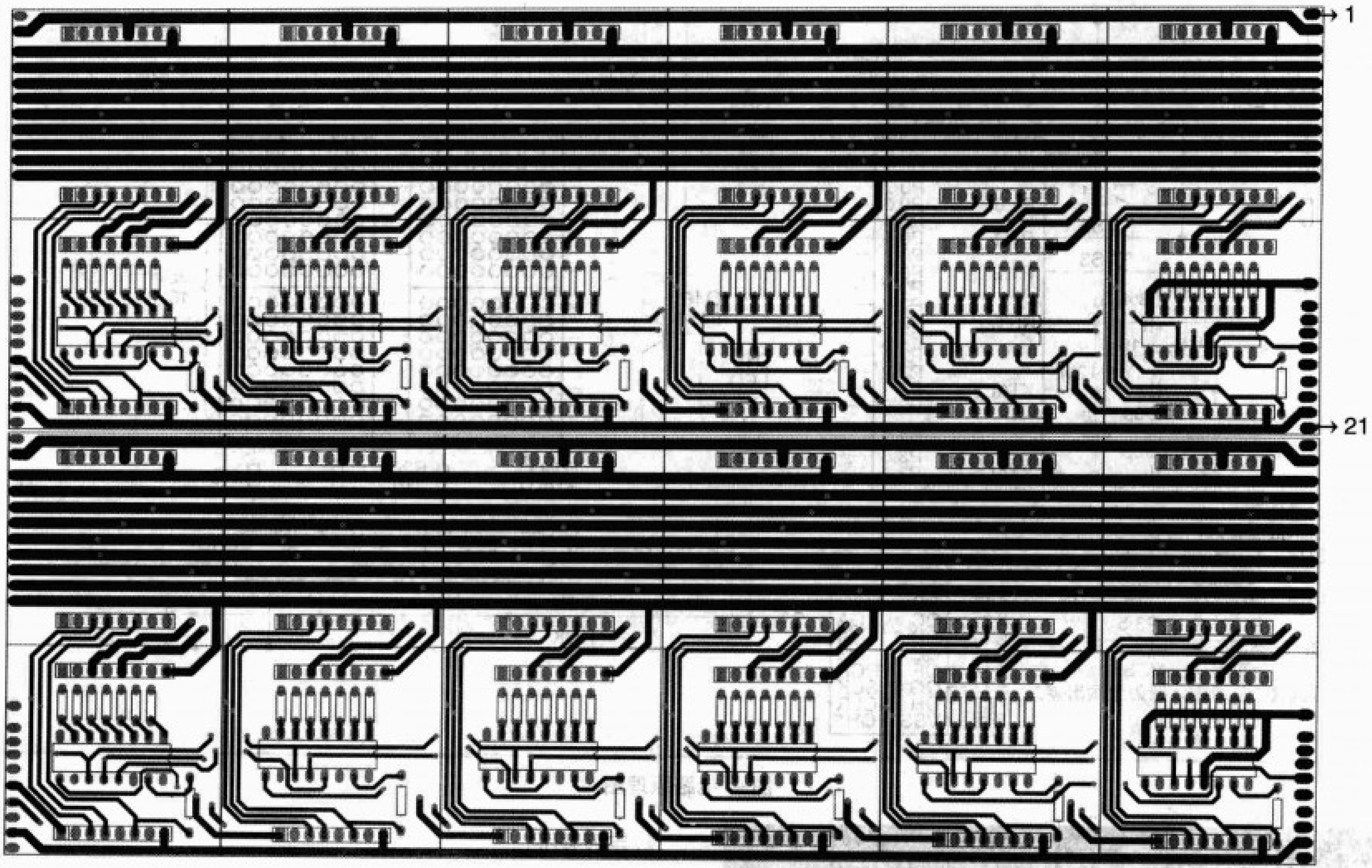


图 6 显示板印制板图

IC7					IC2
00110101	01010101	00000111	10000000	00101000	10101111

图 7

由于外挂LED点阵为共阳极，所以此时如果第1列供电时将所有挂在 IC2~IC7 的 QA~QH 脚为 0 电平时则LED点亮。第一列数据装填完毕并点亮，CPU继续执行程序将2~16列数据取出依上述方法送出并给对应列线送电，程序流程简图见图 8。

由于从 1 列到 16 列的LED点亮、熄灭过程每秒钟要重复 70 次以上，所以在人眼睛暂存效应作用下，看上去整个LED屏是全部同时在点亮，这些被点亮的点组成相应的图像和字型给人们传递相关的信息。

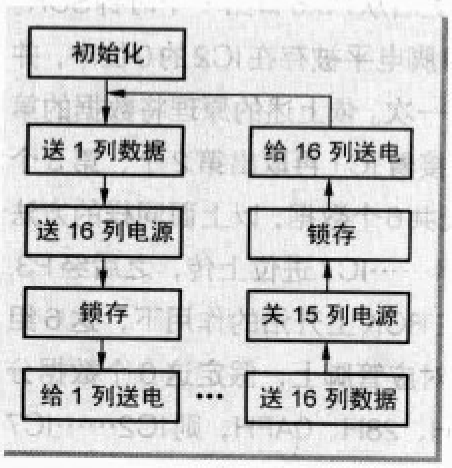


图 8

改变列线与数据的前后顺序，会使整屏显示内容有上下移动的感觉，改变提取数值的前后顺序会使整屏显示内容有左右移动的感觉。

下面详细介绍组装驱动板及配件的过程：

第一步：组装驱动板

一、清点配套的元器件，见图 9，元器件清单见表 1。

二、线路板的焊接过程：

1. 每种元器件的高度都不相同，我们按照从低到高的顺序焊接，这样焊接出来的电路板既整齐又美观。首先焊接电阻及跳线。每次焊接完器件后用剪刀将其引脚腿剪掉，见图 10。

2. 焊接瓷片电容、电解电容、晶体等，见图 11。焊接

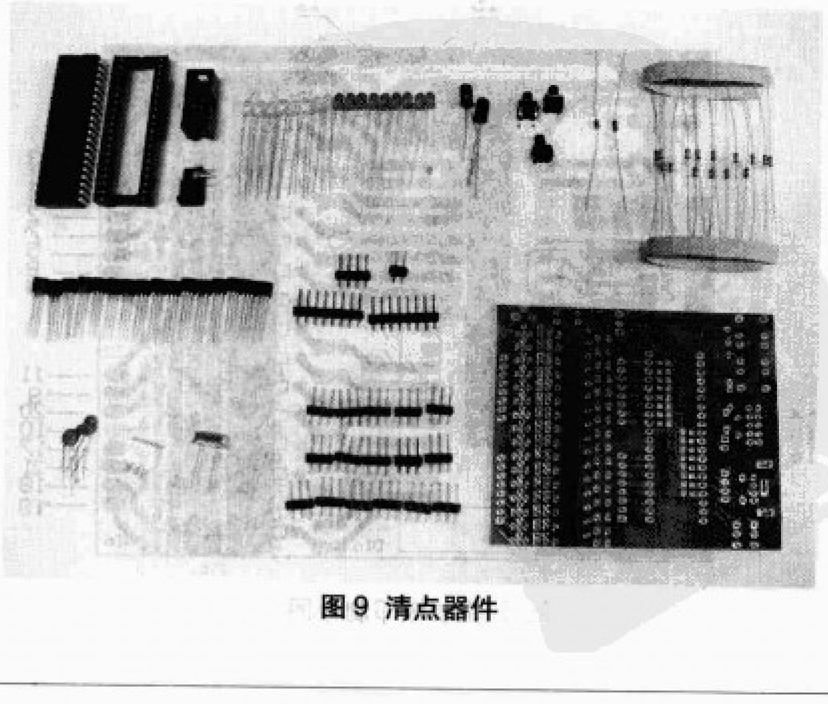


图 9 清点器件

表1

名称	规格	数量	备注	PCB板图标号
插件电阻	240Ω	16	1/16W	R1～R16
	10kΩ	1	1/16W	R18
	1kΩ	1	1/16W	R17
瓷片电容	30pF	3	RAD0.1	C1、C2、C4
	0.1μF（104）	1	RAD0.1	C5
电解电容	50V/4.7μF	1	RB0.1	C3
	10V47μF	1	RB0.1	C6
晶体	24MHz	1	49S	Y1
三极管	8550	16	TO-92	Q1～Q16
指示灯	φ3	9	红	D9～D17
	φ3	8	绿	D1～D8
单排针	2P	1	2.54mm	J18
	3P	16	2.54mm	J1～J16
	4P	1	2.54mm	J19
	8P	2	2.54mm	J22、J23
白插座	3P	1	2.54mm	J17
插座	IDC10	1	2.54mm	ISP
按键	6mm×6mm×8mm	3		AN1～AN3
电源座		1		VDD
跳线		16		

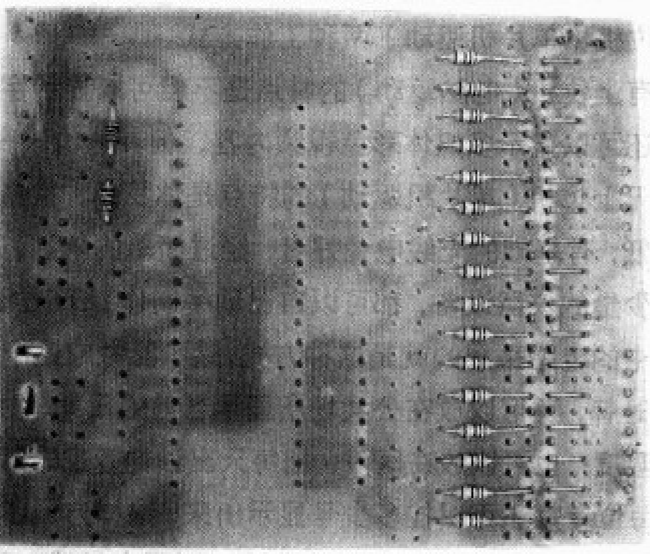


图10 焊接较低的器件

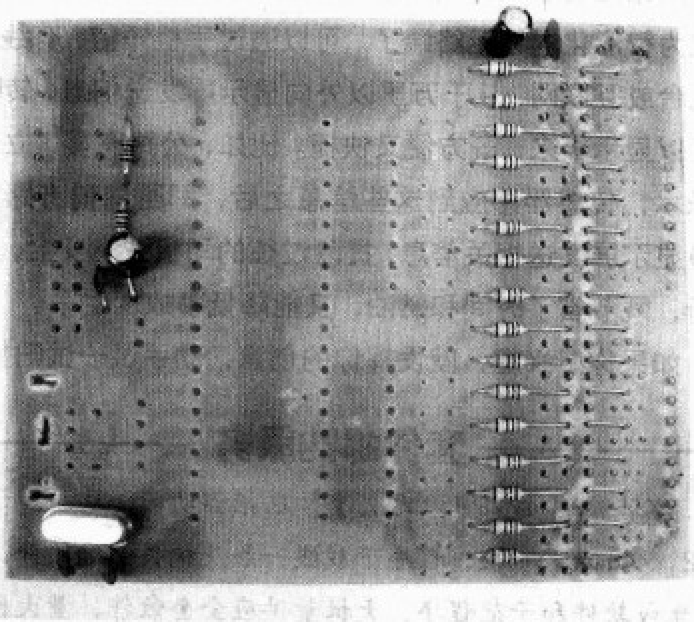


图11 焊接电容等器件

电解电容时注意它是有极性的，千万不要焊反。

3. 焊接三极管、排针，见图12。

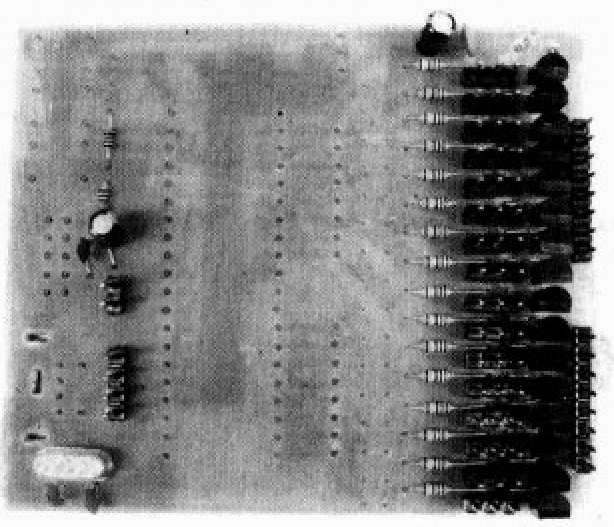


图12 焊接三极管等

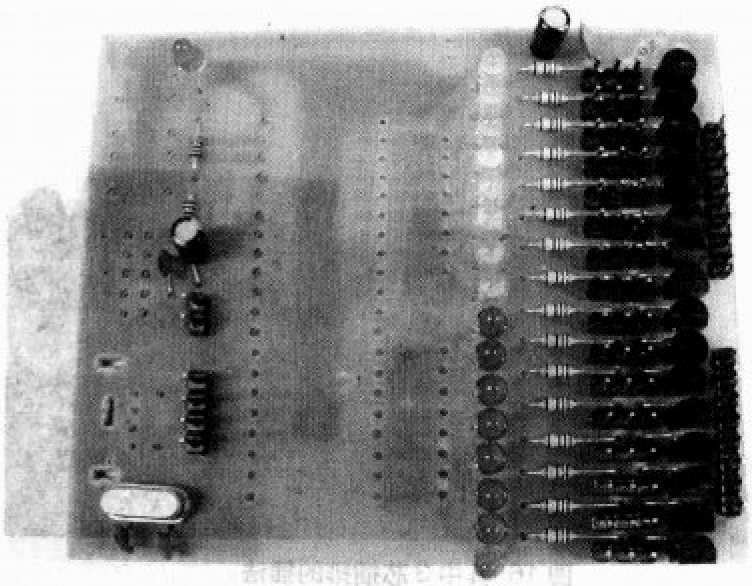


图13 焊接指示灯

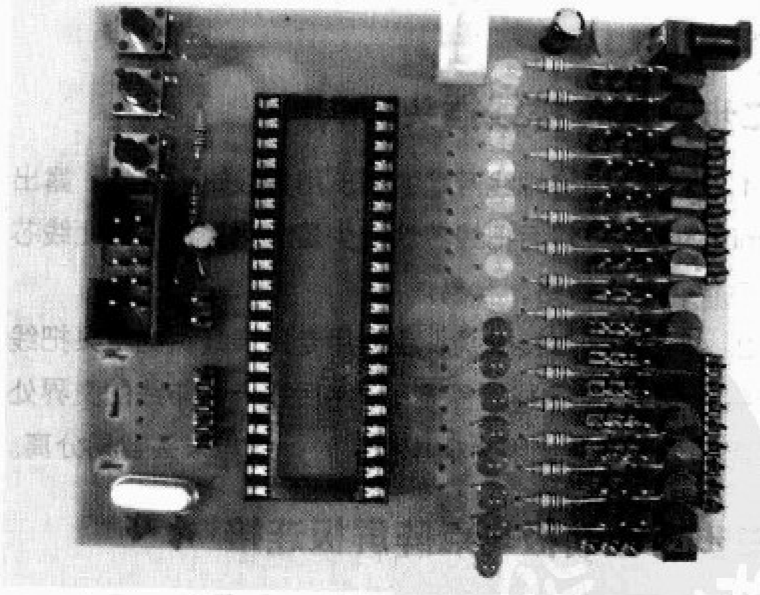


图14 焊接插座等器件

4. 焊接指示灯，指示灯也是有极性的，长脚为正极，短脚为负极，见图13。

5. 焊接插座，按键，电源座，插座一定要看清方向，见图14。

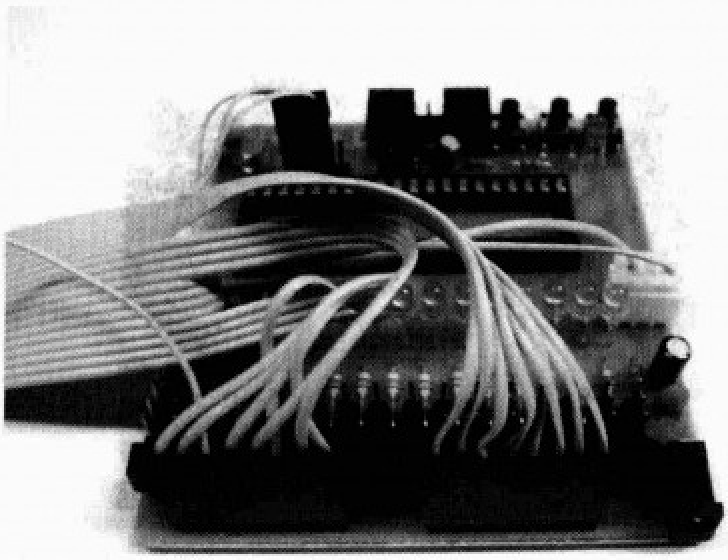


图 15 其中 8 芯插排的插法

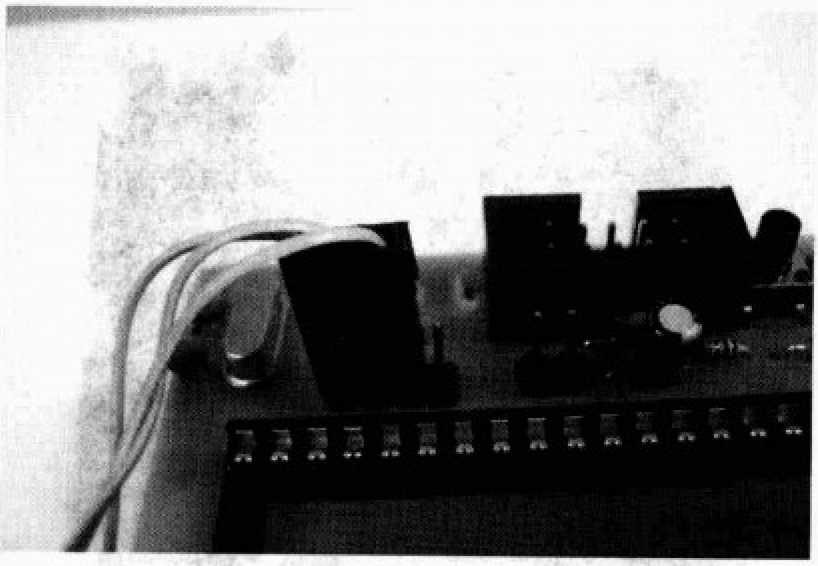


图 16 其中 3 芯插排的插法

6. 所有的元器件全部焊接好了，最后仔细检查器件是否有错焊的地方及焊点是否有连焊或漏焊，这个过程一定要仔细。

第二步：制作排线插头

1. 首先我们将排线两端的线皮用拨线钳子拨掉，露出约 2mm 的线芯，然后把线芯涂上少量焊锡，这样能让线芯没有飞线，防止短路，容易焊接。

2. 排线一端焊接卡头，我们用专用卡线钳的工具把线和卡头夹在一起，这样就固定了，然后在卡头与线的交界处涂上焊锡，这样防止因为插拔插头时，线与卡头容易分离。

第三步：驱动板与点阵屏板连接

将排线的 8 芯插排插到驱动板上，见图 15、图 16，然后将 5V 电源插到驱动板电源头上，LED 点阵屏就全部组装好了。

注意事项

1. IC1 芯片（89S51）内已烧写好运行程序，焊接正确通电后即可出字型。

2. IC2~IC7 为 CMOS 芯片，焊接时要注意防静电，自 R19 以后的电阻为串联在 LED 显示屏的限流电阻，套件中配套为 110 Ω，此电阻越小 LED 亮度越高，但不要小于 50 Ω，防止将发光列阵烧坏。

3. 电源电压为 5V，电流应按每个单元 320mA 计算，并略留余量。

扩展应用

LED 是一种新的显示媒介，它耗电低，显示内容灵活可变，可以静态显示文字符号，又可以动态图文信息，显示丰富醒目，显示面积可以根据需要任意组合，由于这些特点使得它的应用面非常广泛，可应用于商场、医院、宾馆、企业、服务行业等处的广告宣传。

LED 显示屏的驱动方式分为：有上位机（电脑驱动）和无上位机（单片机驱动）两种工作方式。

有上位机（电脑驱动）的特点是不但可以显示字形、图形，还可以显示多媒体彩色视频内容，但其造价较高。

无上位机（单片机驱动）的特点是体积小、重量轻，成本较低，有基础的无线电爱好者，经过简单的培训，只需要购置少量的仪器设备，都可以自己动手制作 LED 显示屏了。本文中的电路采用的就是这种方式，除了能做成这个有趣的倒计时牌，还可以放在公共场所显示当前的日期、时间、温度、湿度；也可以放在医院，把每天出诊的专家、出诊的时间、每位专家还可以挂多少号显示出来，这样方便了来就诊的人；美容美发、餐饮等服务行业还可以用它做成电子门面，向过往行人传达商品信息，既方便了顾客，又扩大了知名度。

如果配合上相应的传感器和数据传输通道，LED 显示屏就成为智能化的显示终端了。可以通过手机短信、有线、无线电台或互联网，从千万里以外向显示屏发送信息，转瞬间就可以显示出来，既方便又快捷。比如，公路有雾，立交桥下积水，传感器感应到这些信息之后，即可向前方路口的 LED 显示屏发送相关信息，提醒过往的司机注意安全，提前绕行，既节省了时间和燃油，又能降低事故发生率。

如果你感兴趣，就发挥你的创意，动手试一试吧！

套件邮购服务

XJZ—8A：成品 480 元／套。包括驱动板一块，显示板（32 × 48 点）一块，程序下载线一条及相关汇编软件，字型生成软件和示范程序。大批量供应全套散件，量大价格从优，另外承接LED显示屏设计与制作并提供相关的技术培训。电话：010—63189417，地址：北京市海淀区知春路 128 号泛亚大厦 693 室，邮编：100086，网址：www.51186.com。

一种不怕高电压破坏的
短距离光纤传输方案

○ 文/张新明

在高电磁干扰、强电场环境下,基于金属线缆的串口通信往往受到限制。如用传统光纤替代，成本较高。然而在短距离（小于50m）、低速率（小于1Mbit/s）的应用环境中，我们完全可以使用一种简化的廉价光纤传输方案TOSLINK。

此方案现已在某品牌防卫系统中得到应用。该防卫系统是用于银行防盗的安全系统，分为前台机和后台机。前台机包含烟雾传感器、红外传感器、温度传感器等多种传感器；后台机为监控、报警系统。前、后台机间距为20~50m。其间除需传输传感器信号外,后台机还定时发送对前台机的查询信号，以防盗贼切断前后台连接。前、后台机的信息传输可选方案有金属信号线连接、无线连接、光纤连接等。采用金属线连接，若盗匪在金属线两端加高电压即可同时破坏前、后台机。无线连接成本较高且容易受到干扰，而传统石英光纤也存在收发器件成本高的缺点，此时TOSLINK这种廉价光纤传输方案得以大显身手。

TOSLINK全名Toshiba Link，是日本东芝公司较早开发并设定的技术标准,主要用于发烧音响器材间的数字光纤链路，是S/PDIF（IEC-958）标准的光纤版本。它接口标准统一，连接方便简单；使用LED可见红光光源，寿命长久，易于观察；以塑料光纤为载体，成本低廉。

图1 TOSLINK插头

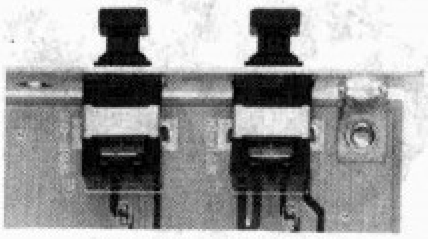


图2 TOSLINK插座

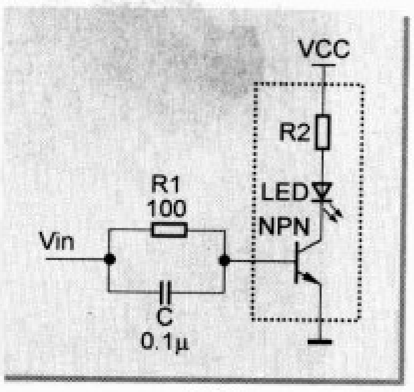


图3

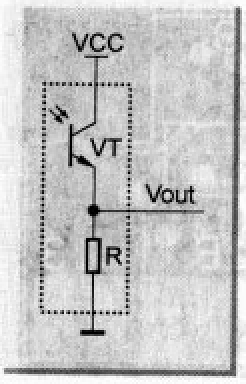


图4

TOSLINK光纤收发器的实物图见图1、图2。使用时将插座上的防尘帽拔下接上插头即可。图3为发送端电路，图4为接收端电路(虚线部分集成于器件内部)。发送器和接收器的引脚排列见图5。

此发送器为有源发送器,所以驱动电流可以较小。实测当信号幅度达到+3V时即可得到较高的亮度，在该电路中集电极电阻R2用来限制LED驱动电流的大小。基极电路的R1和C并联组合用来加速开关速度，由于R2集成于发送端内部，我们可以通过调整R1、C使LED工作于合理的设计状态。该电路的缺点在于它工作在脉冲状态下,电路所用的电源处于脉冲馈电状态,电源负载不稳,因此对电源供电电路的要求较高。接收端直接从Vout引出信号接入电路即可。

该电路所采用的光纤为直径1mm的塑料光纤。由于横截面积大,光源亮度较高,光源与光纤的耦合直接采用机械准直(使用标准接口即可以达到机械准直效果)也能达到较高的传输效率。成品线缆两端的TOSLINK公头一般与光纤做在一起，可大大简化安装难度。

经实验证实采用此电路当发送端信号幅度为+5V TTL电平，信道码形为占空比50%的NRZ码时，传输距离可超过50m（标准中规定为10m）。采用此系统的光纤链路成本极低，收发器为20元/对，光纤线缆1.5元/m。如果是传输距离50m的单工系统成本仅为95元。

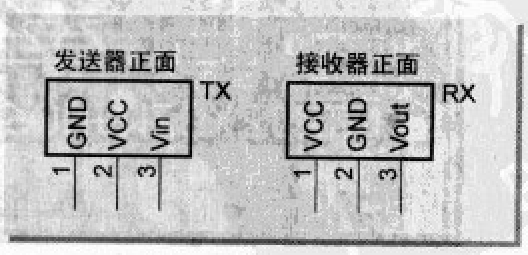


图5

低成本单片机实验开发板

○ 文/徐乐

对于单片机初学者来说，能用现成的简单的硬件电路来编写程序方便易上手，电路一看就明白是怎么回事，比起实验箱、复杂的实验板好很多，不必去研究这个线是怎么接的，那个线是怎么接的，初学者一看就知道是怎么接的。并且单片机实验所用的仿真器和编程器价格较高，这对初学者来说是一笔不小的开销。笔者是单片机爱好者，设计了一套电路简单、实用性很强、不需要编程器的单片机实验系统，总成本不超过50元。这套系统由下载线、实验板、电源和一台普通电脑组成。下载线和实验板可以自己动手制作，不需要购买仿真器和编程器，电源可拿没用的手机充电器代替，为初学者省去了一笔购买编程器和电源的资金。软件用KeilC和Easy 51Pro非常方便，效果很好。下面就介绍这套单片机开发板的功能及原理。

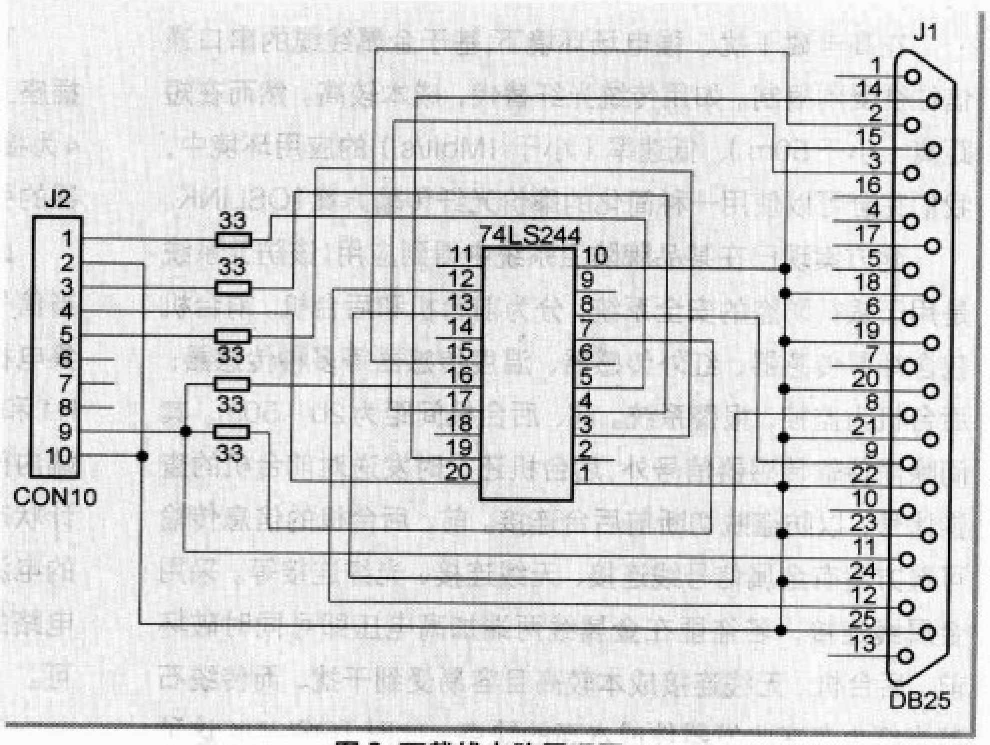


图2 下载线电路原理图

一、制作下载线、实验板

1. 根据图1所示已经设计好的下载线印制电路板，将元器件焊接好即可，电路很简单，如图2所示，没有学过焊接的人也应该能够做到。需要注意的是，在用普通烙铁焊接贴片元件时，要先焊接一个引脚，使其固定，再焊接其他的引脚。另外焊锡不需要太多，贴片元件的方向不要装反。做好的下载线见图3。

图1 下载线电路PCB图

2. 图4～图6分别为实验板电路图、印制板图和实物图。在焊接实验时要注意发光二极管（LED）、电容、排阻、插座的方向与极性。在安装好之后将89S51单片机插入底座上，

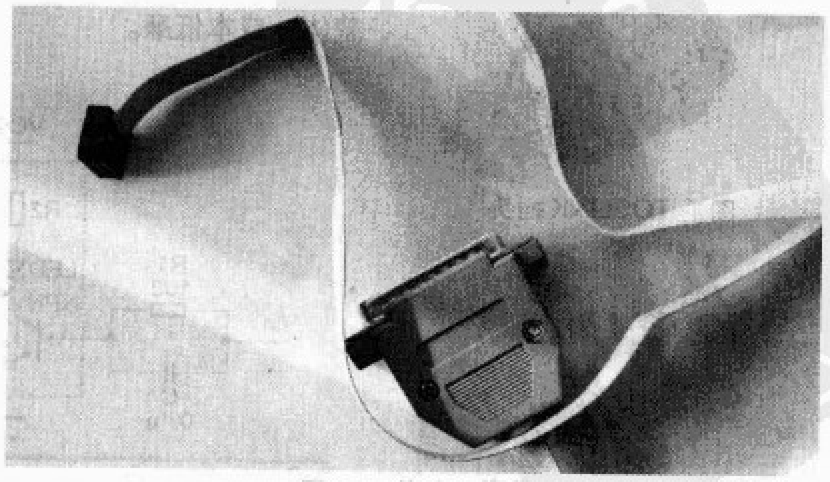


图3 下载线实物图

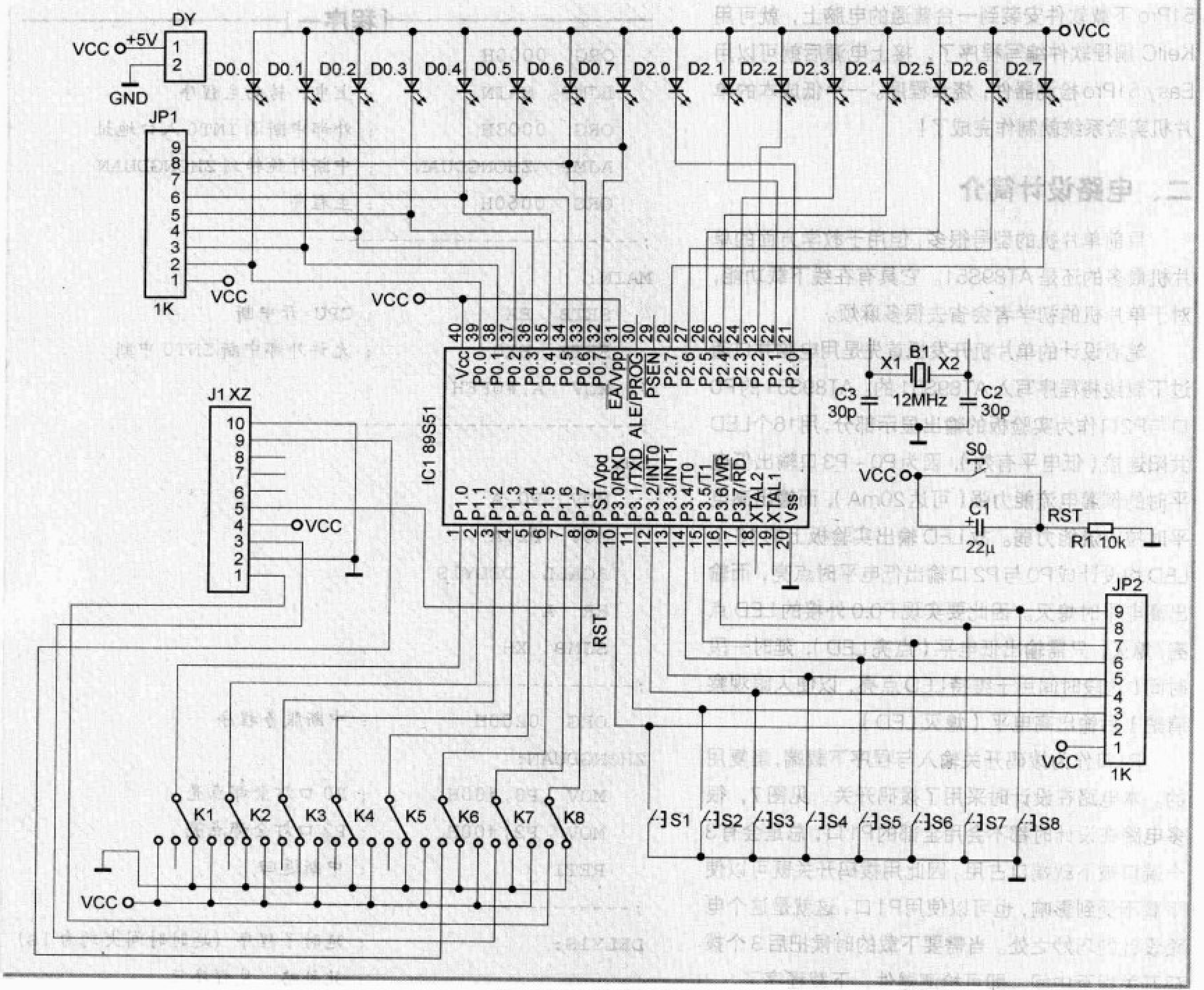


图4 实验板电路原理图

电源可以用充电器做电源，因为一般充电器输出电压在4.9V、电流为450mA左右，完全可以为实验板提供电源。还可以使初学者省去买一个电源的开销，可拿没有用的手机的充电器，将充电线剪断接到实验板上的电源（注意电源的极性，接反会烧坏单片机，最好用万用表测量一下）。此方法可减少成本，还可以提高效率。再将KeilC编程软件和Easy

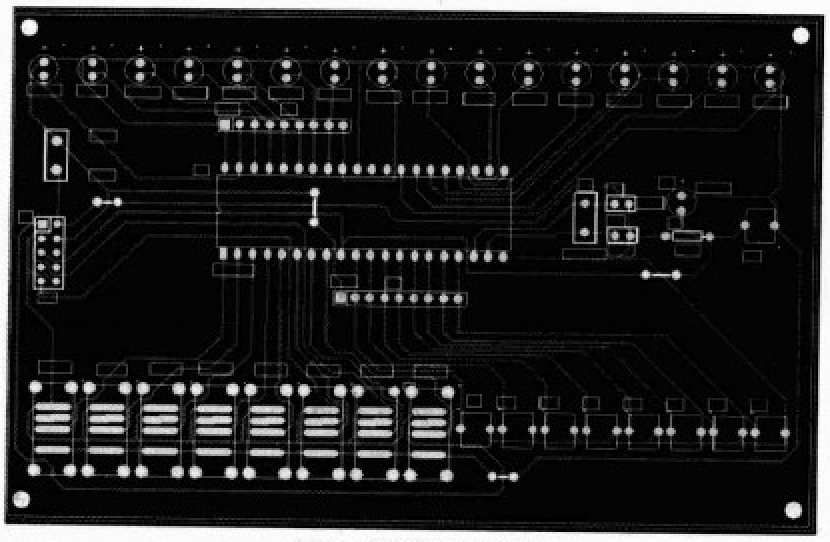


图5 实验板PCB图

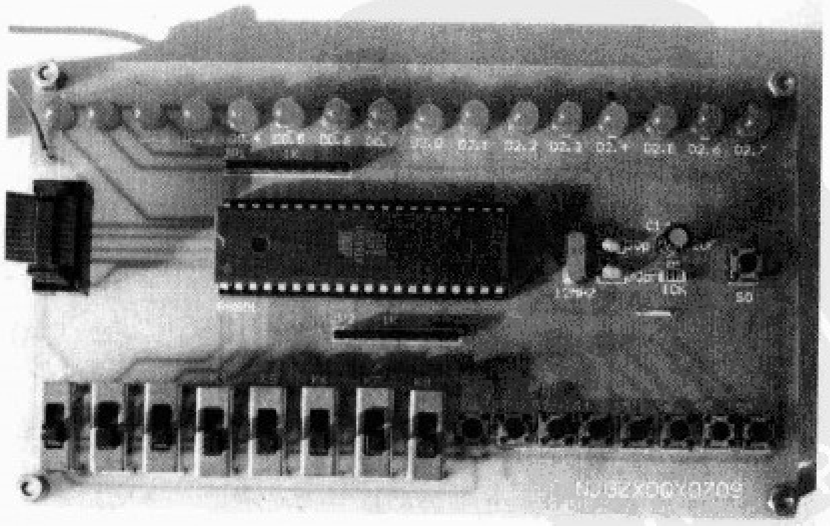


图6 实验板实物图

51Pro下载软件安装到一台普通的电脑上，就可用KeilC编程软件编写程序了，接上电源后就可以用Easy 51Pro检测器件，烧录程序。一个低成本的单片机实验系统就制作完成了！

二、电路设计简介

目前单片机的型号很多，但用于教学方面的单片机最多的还是AT89S51。它具有在线下载功能，对于单片机的初学者会省去很多麻烦。

笔者设计的单片机开发板首先是用电脑并口通过下载线将程序写入AT89S51的。AT89S51的P0口与P2口作为实验板的输出显示部分，用16个LED共阳连接（低电平有效），因为P0～P3口输出低电平时的倒灌电流能力强（可达20mA），而输出高电平时拉电流能力弱。故LED输出实验板上的16个LED均设计成P0与P2口输出低电平时点亮，而输出高电平时熄灭。因此要实现P0.0外接的LED点亮/熄灭，只需输出低电平（点亮LED），延时一段时间（这段时间用于维持LED点亮，以便人眼观察清楚）后输出高电平（熄灭LED）。

P1口作为拨码开关输入与程序下载端，是复用的。本电路在设计时采用了拨码开关，见图7，很多电路在设计时都不会用全部的P1口，总是会有3个端口被下载端口占用。因此用拨码开关既可以使下载不受到影响，也可以使用P1口，这就是这个电路设计的巧妙之处。当需要下载的时候把后3个拨码开关拨至中间，即可检测器件，下载程序了。

P3口是按钮输入与中断输入。P3口既可用作按钮输入，也可以用作中断输入，互不冲突。

【程序一】

```
    ORG   0000H
    LJMP   MAIN              ; 上电，转向主程序
    ORG   0003H              ; 外部中断源 INT0 入口地址
    AJMP   ZHONGDUAN         ; 中断时跳转到 ZHONGDUAN
    ORG   0060H              ; 主程序
;------------------------
MAIN:
    SETB   EA                ; CPU 开中断
    SETB   EX0               ; 允许外部中断 INT0 中断
    MOV   A,#0FEH
;------------------------
XH:
    MOV   P0,A
    MOV   P2,A
    ACALL   DELY1S
    RR   A
    SJMP   XH
;------------------------
    ORG   0200H              ; 中断服务程序
ZHONGDUAN:
    MOV   P0,#00H            ; P0 口灯全部点亮
    MOV   P2,#00H            ; P2 口灯全部点亮
    RETI                     ; 中断返回
;------------------------
DELY1S:                      ; 延时子程序（延时时间大约为 1s）
    ……                       ; 此处略，见程序三
    END
```

三、功能简介

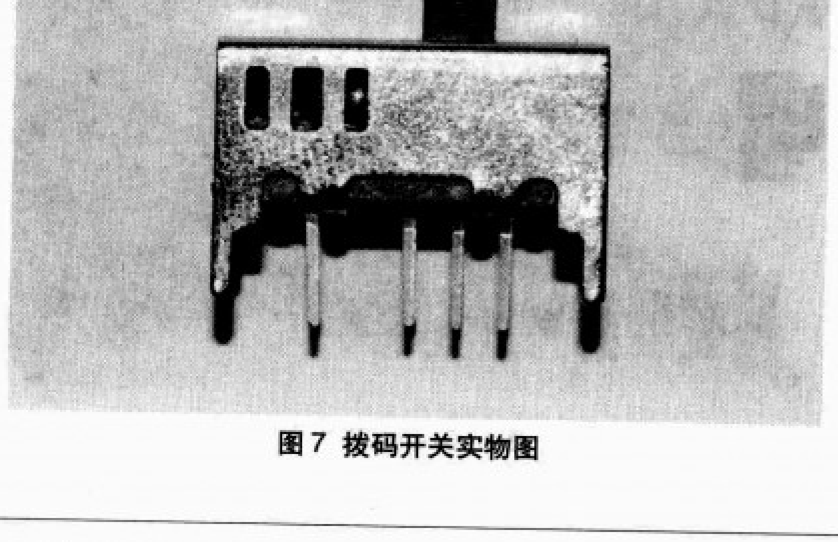


图7 拨码开关实物图

1.P0口显示拨码开关上的数值

2.闪烁灯

3.流水灯

4.P2口显示P3口按钮的数值

5.中断

6.一秒加一显示

7.比较数值大小

设计好的电路是死的，但人是活的，可以编写不同的程序，实现不同的效果。在这里笔者就举一两个例子为大家演示一下如何使用这一套单片机开发板。

◆ **中断试验**

打开Keil C51 Windows集成开发环境，先建立一个文件目录，再建立一个工程项目，最后建立源程序文件，文件

的名字由编程人员自己定义。输入“程序一”所示程序。

在输入过程中，只需要将程序输入到文本框中，不需要将程序分析解释输入到文本框中，但输入也是可以的，便于修改程序。编译通过后，接通5V电源，将其烧录到AT89S51芯片中。下载软件采用的是Easy 51Pro，使用非常方便。在烧录之前应将P1口8个拨码开关的后3位(K6、K7、K8)拨至中间，即可检测到器件，否则不会检测到器件,也无法烧录程序，程序写入完后，你会发现16个LED在分两组左移，当按下S3按钮时16个LED全部点亮，为了使程序简单化，能使刚学的读者看明白，因此我没有加入中断延时程序。所以当你把按钮松开时又恢复正常，程序接着左移！有人会提出问题了,在程序中用的是RR为什么会使LED左移？这个问题留给读者来思考！提示一下吧，对照原理图、PCB图、和程序来找为什么吧！

◆ P0口显示拨码开关上的数值

打开Keil C51 Windows集成开发环境，先建立一个文件目录，再建立一个工程项目，最后建立源程序文件，文件的名字由编程人员自己定义。输入“程序二”所示程序。

将程序写入芯片后（写入方法同上），当把K1拨码开关拨至上面时，你就会发现对应的P0.0接的LED点亮，当把K1拨码开关拨至下面时，P0.0接的LED熄灭。P1口的8个拨码开关对应控制着P0口8个LED。注意：当拨码开关拨至中间则灯不亮！

「程序二」

```
ORG      0000H
        AJMP   MAIN
        ORG    0030H; 初始化
MAIN:MOV       P0,P1; 传送指令将P1口输入的数值传
送到P0口显示
        AJMP   MAIN; 短跳转指令，跳转至主程序入口，
不断循环。
        END; 结束
```

「程序三」

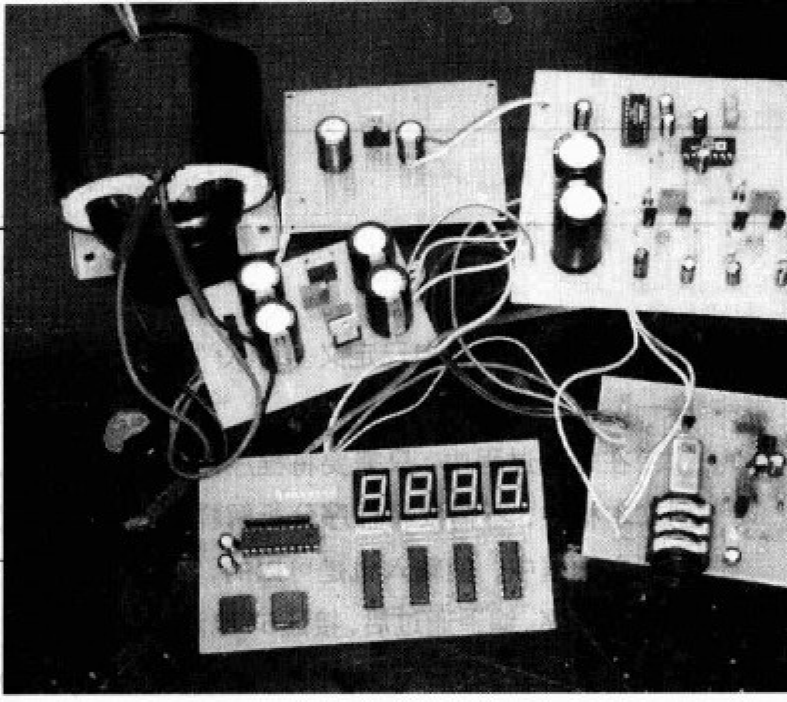
```
    ORG   0000H
    AJMP  MAIN
    ORG   0030H           ; 初始化
;--------------------------
MAIN:
    MOV   P0, #00H        ; 给P0与P2口赋值00H，使P0
    MOV   P2, #00H        ; 与P2口输出为低电平，点亮所有LED
    ACALL DELY1S          ; 调用延时子程序，维持LED点亮1s
    MOV   P0, #0FFH       ; 给P0与P2口赋值FFH，使P0
    MOV   P2, #0FFH       ; 与P2口输出为高电平，熄灭所有LED
    ACALL DELY1S          ; 调用延时子程序，维持LED熄灭1s
    AJMP  MAIN            ; 跳转至主程序入口不断循环
;----------------------------
DELY1S:                   ; 延时子程序（延时时间大约为1s）
    MOV   R5, #05H        ; 首先赋值给寄存器，然后用DJNZ指令
DEL1:                     ; 来不断减一，从而达到延时的效果，
    MOV   R6, #64H        ; 延时子程序的计算3条NOP和1条
DEL2:                     ; DJNZ指令共5个机器周期，执行时间为
    MOV   R7, #0C8H       ; 5*2 μs=10 μs经过三重循环，
DEL3:                     ; 需要执行2001005次。故执行时间为
    NOP                   ; 10 μs*5*200*100=1000 000 μs=1s
    NOP
    NOP
    DJNZ  R7, DEL3
    DJNZ  R6, DEL2
    DJNZ  R5, DEL1
    RET
    END
```

◆ 16个LED灯每隔1s闪烁一次

打开Keil C51 Windows集成开发环境，先建立一个文件目录，再建立一个工程项目，最后建立源程序文件，文件的名字由编程人员自己定义。输入“程序三”所示程序。

在输入过程中，不需要将程序分析解释输入到文本框中，编译通过后，接通5V稳压电源，用Easy 51Pro将其烧录到AT89S51芯片中。在烧录之前应将P1口8个拨码开关的后3位拨至中间，便可以检测到器件了，否则不会检测到器件的！当程序写入芯片，你就会发现16个LED每隔1s点亮一次，然后再熄灭1s，如此循环。

小结：这下你明白了吗？点亮/熄灭16个LED并不难。你想一下，如何才能改变点亮或熄灭的时间？如何才能改变点亮或熄灭的LED的数目？



单片机在音响中的应用

用单片机和PGA2310
实现高精度音量控制

○ 文/魏坤

耳机放大器有别于普通的功率放大器，因为耳机的阻抗不像扬声器那样基本都在4Ω至16Ω之间，而是从16Ω至600Ω这样一个很宽的范围，有的甚至高达千欧姆以上，这样分散的阻抗分布使一台已设计好的耳机放大器很难推好不同阻抗的耳机。低阻抗耳机需要大的推动电流，而高阻抗的耳机需要大的电压摆幅。如果用一台专门驱动低阻抗耳机的放大器来推动高阻抗耳机，结果是把音量开到很大，但耳机的声音却依然很小，就是通常所说的“推不动”。原因是高阻抗耳机需要高的电压摆幅，而低阻抗耳机放大器的输出电压却比较低。相反，用一台用于推动高阻抗耳机的放大器来推低阻抗耳机，声音可能开了一点点就非常吵耳，但声音缺乏控制力，遇到大动态就会爆音，这是由于高阻抗耳机放大器的电流输出能力弱造成的。由于耳机是紧贴在耳朵上使用的，一丝丝的噪声都能听得真真切切，故对信噪比的要求远高于普通的功率放大器。

为此笔者设计了一台具有高精度可变增益放大和耳机阻抗监测功能的通用耳机放大器。

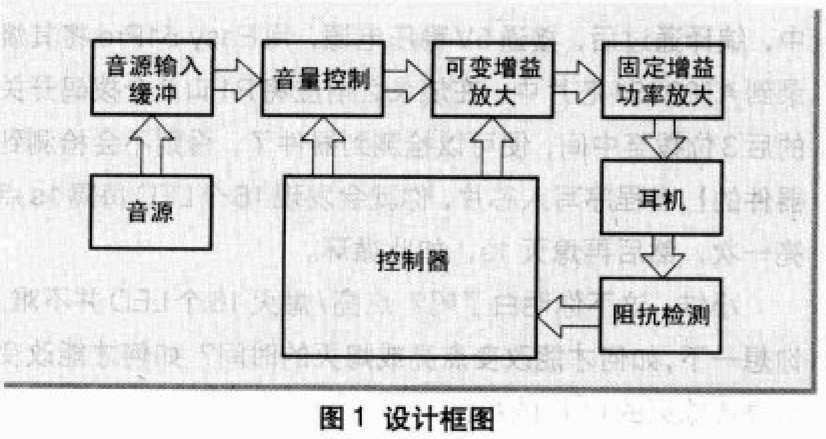


图1 设计框图

方案阐述

图1是该耳机放大器的设计框图。由图可见，与普通耳机放大器不同的是多了3个单元：可变增益放大、耳机阻抗监测和控制器。这3个单元使该耳机放大器可以自动检测耳机的阻抗，并根据不同阻抗的耳机进行不同增益的放大，这样就能较好的推动不同阻抗的耳机，下面就各部分进行较详细的说明。

一、输入缓冲

因为音量控制电路的输入阻抗为10kΩ，故在输入端与音量控制间加入缓冲器，缓冲器的作用是使放大器具有较高的输入阻抗，易于与音源匹配，以最大限度利用输入信号。采用AD公司的高速四运放AD713JN中的两个运放组成同相电压跟随器，用来在电路中起缓冲的作用。该四运放中的另外两个则用在后面的功率放大电路中。

二、音量控制与可变增益放大

音量控制与可变增益放大是该放大器的一个关键环节，本放大器的音量控制未使用通常采用的双联电位器，而是使用电子音量控制集成电路PGA2310作音量控制。主要原因是廉价的普通的双联电位器误差太高，卖家说误差在20%左右。好一点的双联电位器，像大家常用蓝壳ALPS电位器，也有大约5%左右的误差，且需要近百元的价格。双联电位器还有一个重要缺陷就是使用一段时间后在调节过程中因磨损而导致的接触不良容易出现“咔咔”的噪声，采用电子音量控制绝不会出现因接触不良而产生的噪声，而且控制更加精确，故音量控制采用电子音量控制芯片，控制范

围 -95.5dB~+7.5dB，步进 0.5dB。

PGA2310是一枚提供-95.5dB衰减量、31.5dB电压增益的音量控制芯片，步进为0.5dB。信噪比为120dB，失真度（THD+N @1kHz）0.0004%，声道分离度126dB，带有软硬件静音功能。这些性能指标远比双联电位器所能达到的要高，所以该芯片用在耳机放大器上是绝佳的选择。图2为PGA2310的引脚图，它有双列直插封装和贴片封装两种，笔者买的是双列直插型，价格是110元一片，是该耳机放大器中最贵的元器件。图3为PGA2310的内部图，从图中可以看到音量控制的电阻阵列输出的信号进入由运算放大器组成的正向放大电路，而该放大电路的反馈电阻可通过总线调节，故该放大电路是一个增益可变的放大器，增益变化范围0~31.5dB，步进0.5dB。本耳机放大器中的可变增益放大器就是由该电路担任的，放大增益由单片机发出的控制数据设定。附表为PGA2310的输入数据与增益及衰减的对应关系，图4为PGA2310的控制数据时序图，由于PGA2310可以级联使用（如图5所示），所以它有一个数据输出端口，在单片使用时不用考虑。当你制作多声道放大器时就得用到该端口，它可以帮你省下很多的I/O口。

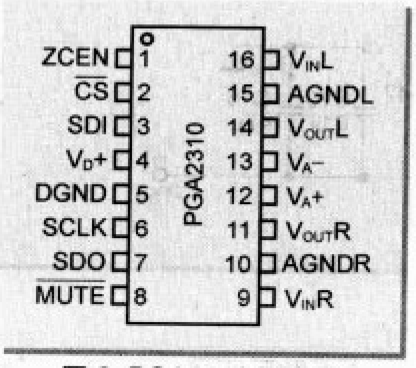


图2 PGA2310引脚图

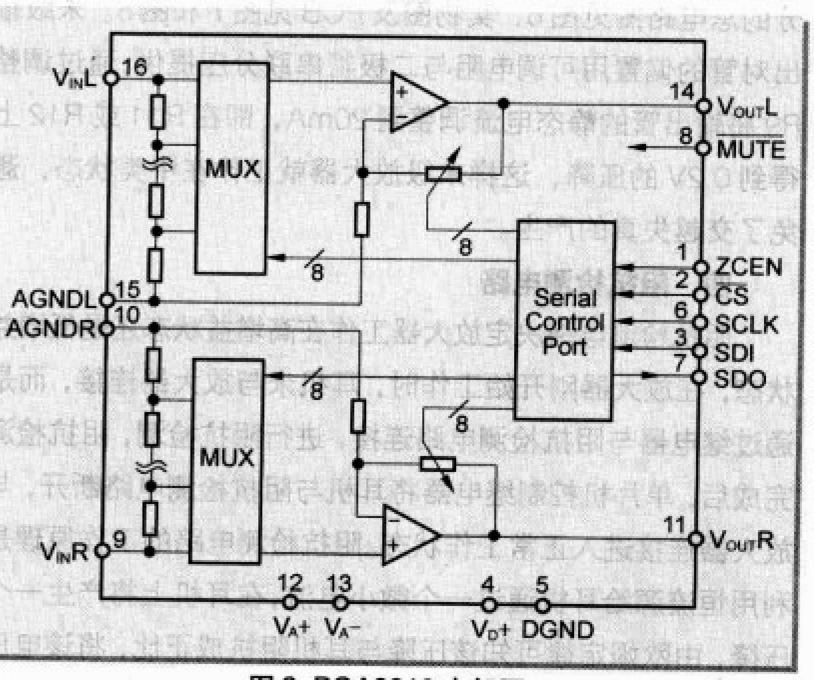


图3 PGA2310内部图

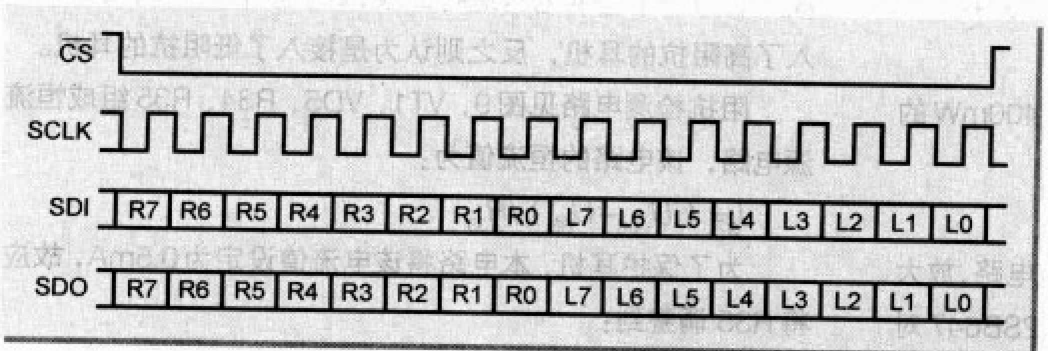


图4 PGA2310控制数据时序图

附表 增益衰减与控制字对应表

Input Code（Left or Right Channel）	Gain or Attenuation（dB）
11111111	+31.5
11111110	+31.0
·	·
·	·
11000000	0
·	·
00000010	-95.0
00000001	-95.5
00000000	Software Mute

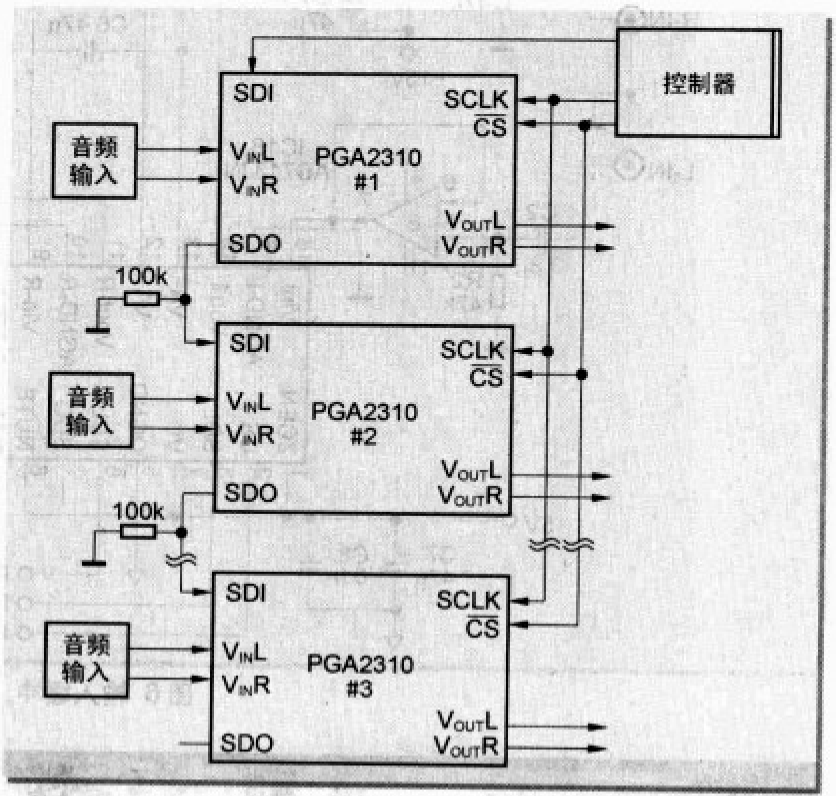


图5 PGA2310的级联使用

为了满足不同阻抗耳机的需要，将耳机的阻抗划分为以下2段：

1. 低于100Ω段
2. 高于100Ω段

因为现在的音源都可以提供2Vp-p的信号输出，输出信号的有效值为0.707V。对驱动低于100Ω段的耳机，可变增益放大器的放大倍数为0dB，所以放大器的最大放大倍数就是固定增益放大器的放大倍数，各参数如下：

1. 电压放大倍数：$A_{ul}=R_f/R+1=47k/15k+1\approx4.13$
2. 输出电压有效值：$V_{ormsl}=0.707V\times4.13\approx2.92V$
3. 输出功率：$P_{ol}=(V_{ormsl})^2/R_L$

所以在该模式下，可以在16Ω的耳机上输出530mW的功率，在32Ω阻抗上可输出265mW的功率，在64Ω阻抗上可输出132mW的功率，对于大多数该阻抗段的耳机这样的输出功率已经足够。

对于驱动高于100Ω段的耳机，可变增益放大器提供7.5dB的电压增益，对应的放大倍数为2.37，各参数如下：

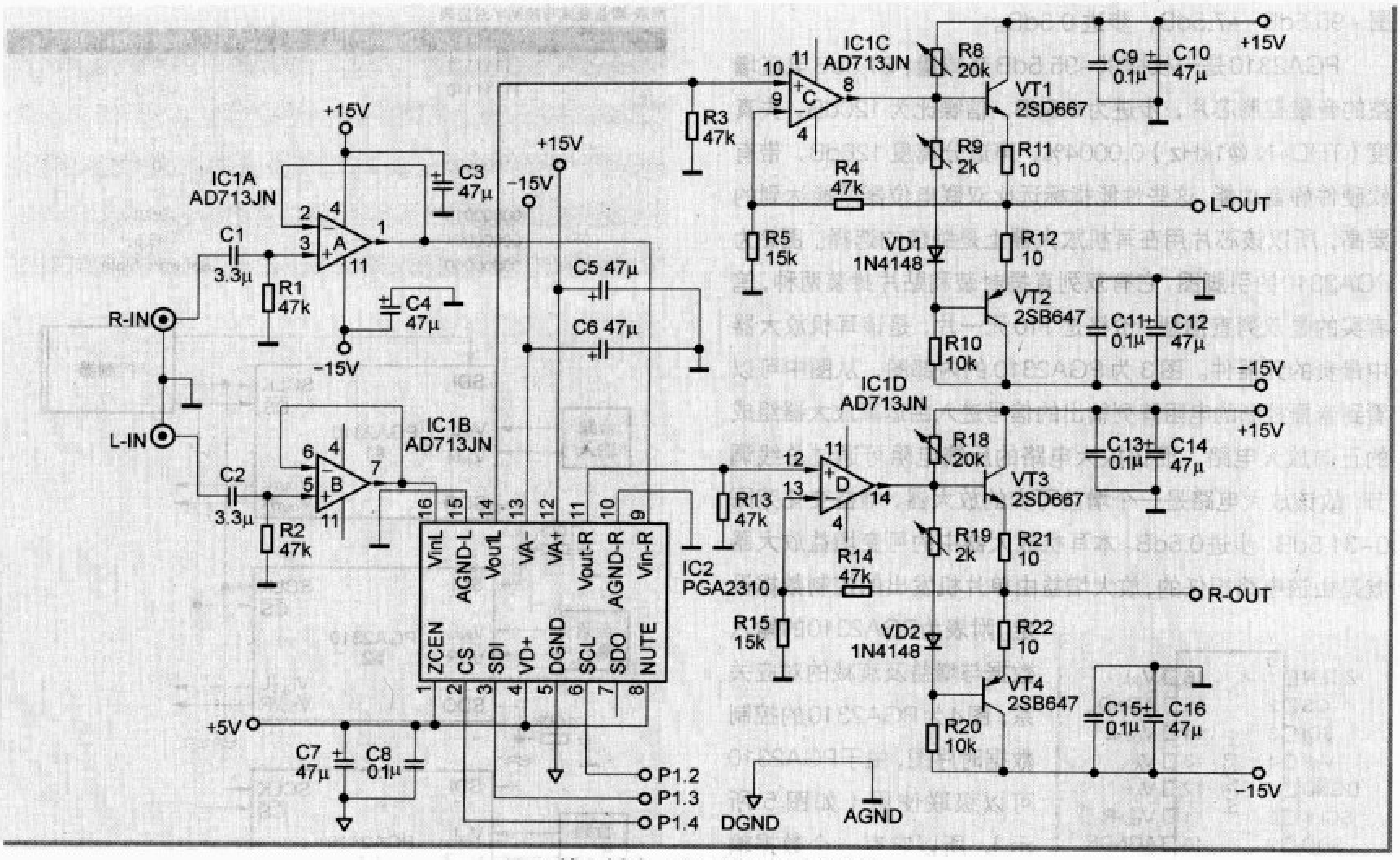


图6 输入缓冲，音量控制与放大电路

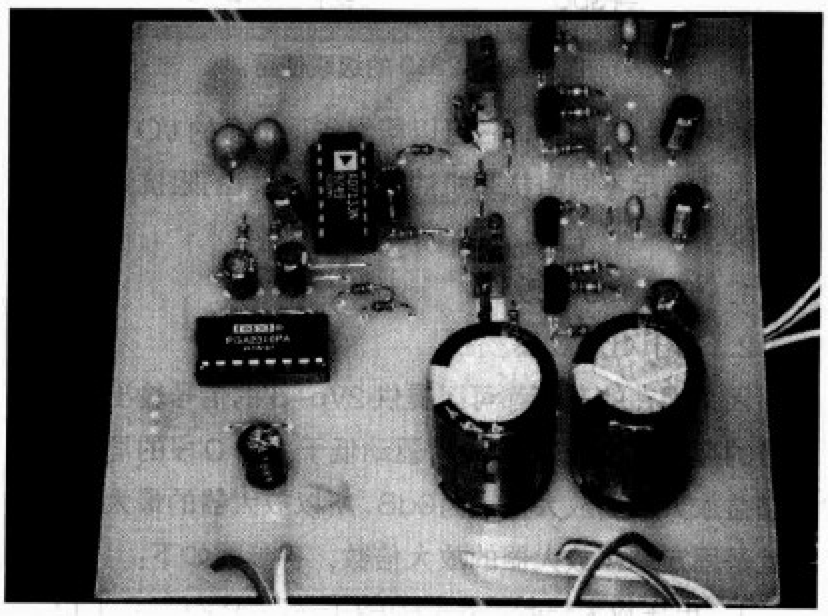


图7 输入缓冲，音量控制与放大电路实物图

1. 电压放大倍数：$A_{uh}=A_{ul}\times 2.37=4.13\times 2.37\approx 9.8$

2. 输出电压有效值：$V_{ormsh}=0.707V\times 9.8\approx 6.92V$

3. 输出功率：$P_{ol}=(V_{ormsh})^2/R_L$

故在该模式下，可以在120Ω的耳机上输出400mW的功率，在300Ω的耳机上输出160mW的功率。

三、固定增益功率放大器

固定增益放大器采用的是运算放大器加扩流电路，放大倍数为4.13，输出管采用日立生产的2SD667与2SB647对管，该对管被大量使用在高保真放大器与耳机放大器中，G&W的J1耳机放大器就是使用该管做后级放大的。放大部分的总电路图见图6，实物图及PCB见图7和图8。末级输出对管的偏置用可调电阻与二极管串联分压提供，通过调整R9将输出管的静态电流调整到20mA，即在R11或R12上得到0.2V的压降，这样末级放大器就工作在甲类状态，避免了交越失真的产生。

四、阻抗检测电路

阻抗检测电路决定放大器工作在高增益状态还是低增益状态，在放大器刚开始工作时，耳机未与放大器连接，而是通过继电器与阻抗检测电路连接，进行阻抗检测，阻抗检测完成后，单片机控制继电器将耳机与阻抗检测电路断开，与放大器连接进入正常工作状态。阻抗检测电路的工作原理是利用恒流源给耳机通过一个微小电流，在耳机上将产生一个压降，由欧姆定律可知该压降与耳机阻抗成正比，将该电压放大后与一个基准电压进行比较，高于基准电压则认为是接入了高阻抗的耳机，反之则认为是接入了低阻抗的耳机。

阻抗检测电路见图9，VT1、VD5、R34、R35组成恒流源电路，该电路的恒流值为：

$$I_S=(U_{VD5}-U_{BE})/R_{35}$$

为了保护耳机，本电路将该电流值设定为0.5mA，故应将R35调整到：

$$R_{35}=(U_{VD5}-U_{BE})/I_S=(5.1V-0.7V)/0.5mA=8.8k\Omega$$

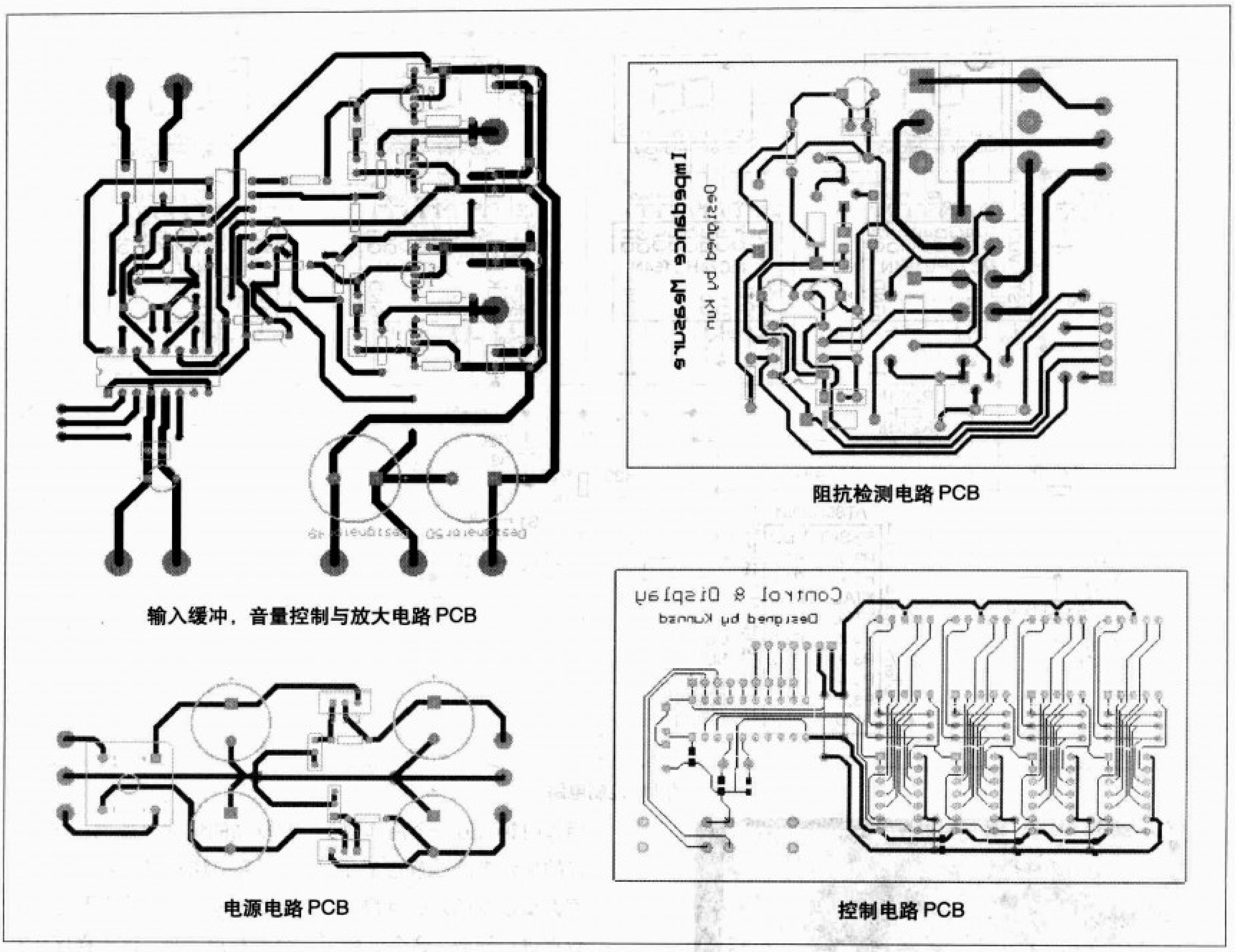


图 8 各模块印制板图

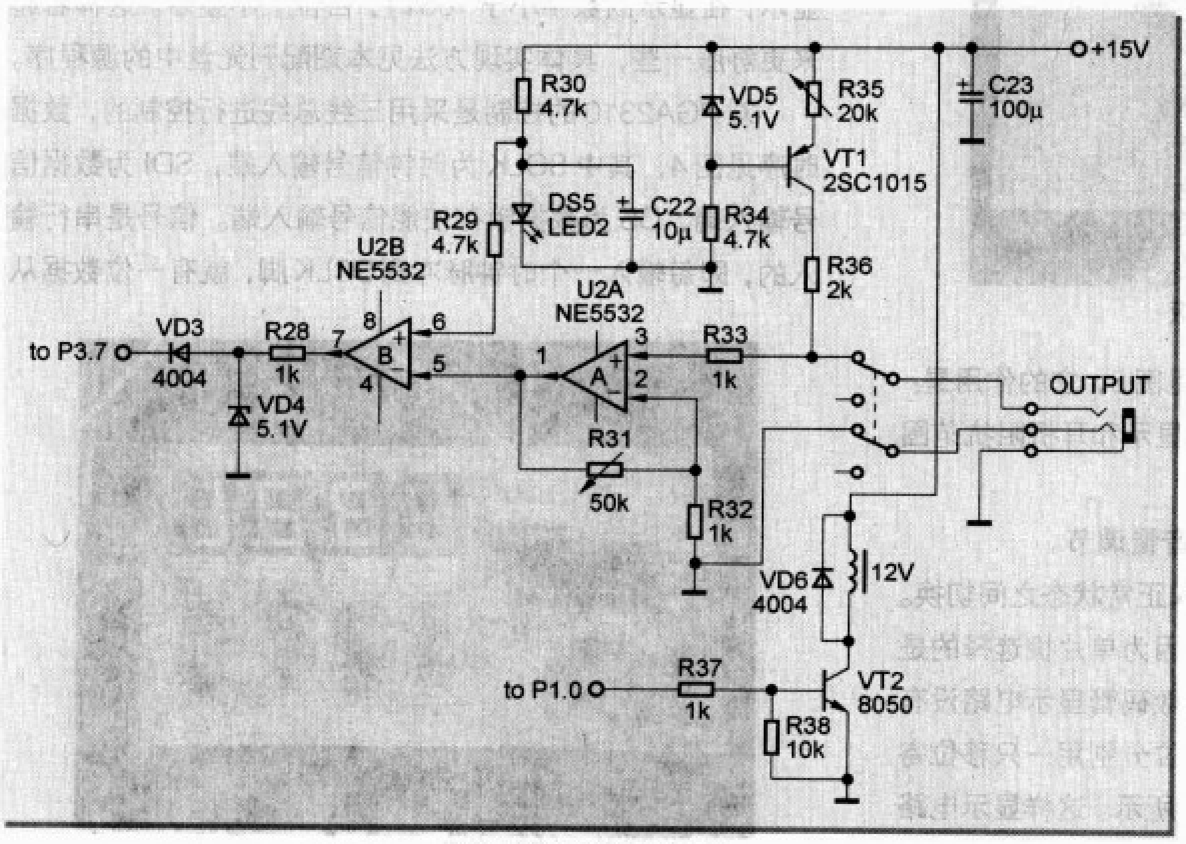


图 9 耳机阻抗检测电路

电流流过耳机产生的压降经过由运算放大器IC2A、R31、R32组成同向放大器进行18倍左右的电压放大，该放大器的放大倍数可以通过调节R31进行调整。放大后得到的电压与R30、DS5和C22组成的基准电压电路产生的电压（约1.8V）进行比较，比较的结果通过R28、VD3和VD4限压后，送入单片机控制电路。VD4的作用是防止进入单片机输入端的电压超过5V，因为运算放大器采用双电源供电，在输出0时会出现负电压，VD3的作用就是阻隔负电压送入单片机。检测电路的PCB及实物图分别见图8和图10。

五、控制电路

控制电路是以AT89C2051单片

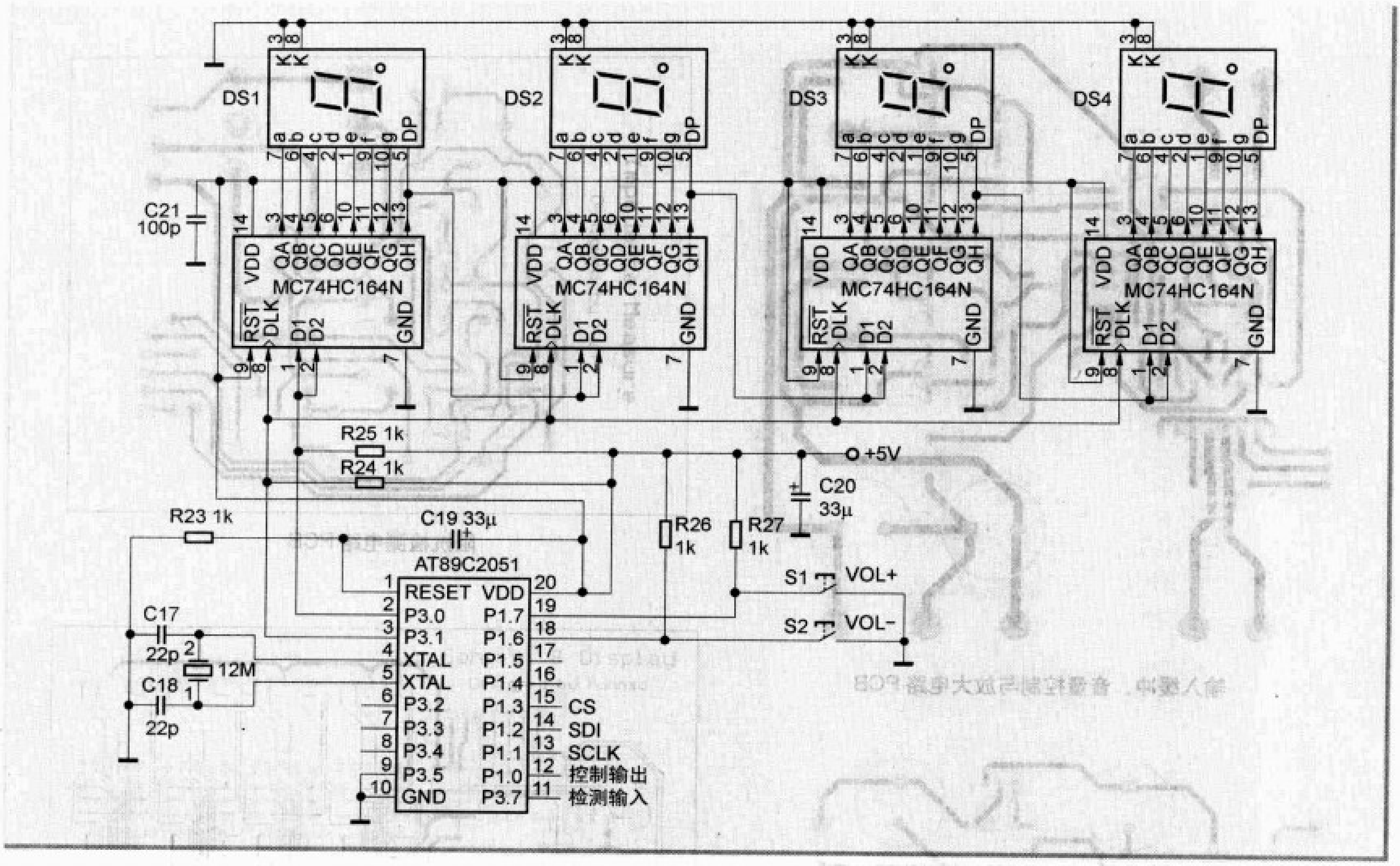


图 11 控制电路

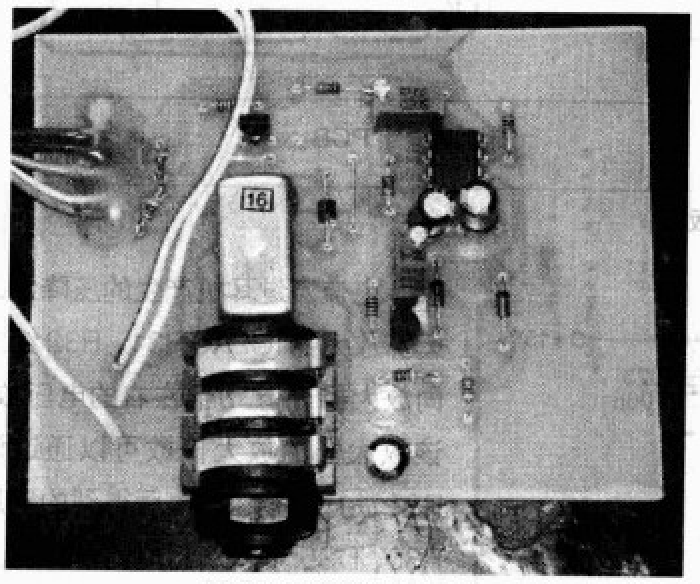


图 10 阻抗检测电路板

机为核心组成的，电路见图 11，PCB 见图 8，它的作用是：

1. 驱动 4 位 LED 数码管进行音量显示和耳机阻抗范围显示。

2. 控制 PGA2310 进行增益以及音量调节。

3. 控制继电器将耳机在阻抗检测和正常状态之间切换。

显示电路使用了 4 只共阴数码管，因为单片机选择的是 AT89C2051，只有 15 个 I/O 口，所以数码管显示电路没有采用常用的扫描型显示电路，而是每一位分别用一只移位寄存器 74HC164 进行串联驱动，如图 11 所示。这样显示电路与单片机的连接只需要 2 根线，即只占用 2 个 I/O 口，一个用作时钟，另一个用作数据，要驱动的位数再多也一样。这样的显示电路是静态显示，所以不会出现扫描型显示电路亮度偏低以及闪烁的问题。在显示之前单片机要对需要显示的数据进行译码，这个过程用一个子程序完成，该子程序还有高位零消隐功能，在显示的数字小于 10 时，十位和百位不显示，在显示的数字小于 100 时，百位上不显示。这样看起来更舒服一些，具体实现方法见本期配刊光盘中的源程序。

对 PGA2310 的控制是采用三线总线进行控制的，数据时序见图 4，其中 SCLK 为时钟信号输入端，SDI 为数据信号输入端，CS 为数据锁存使能信号输入端。信号是串行输入的，即每输入一个时钟脉冲到 SCLK 脚，就有一位数据从

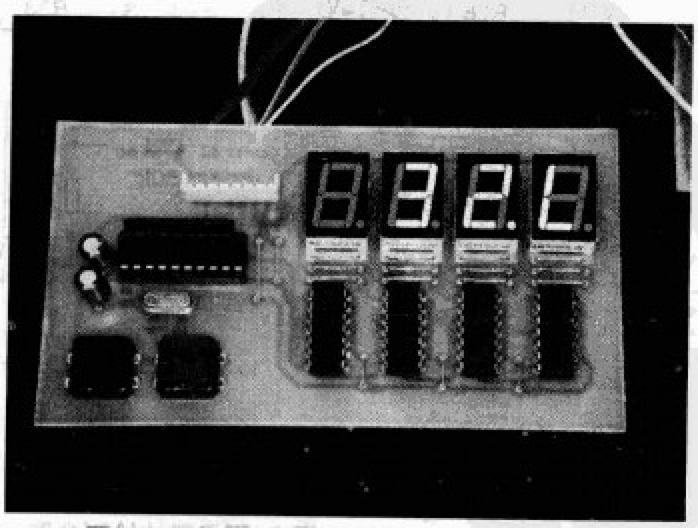


图 12 耳机为低阻抗耳机时的音量为 32 级

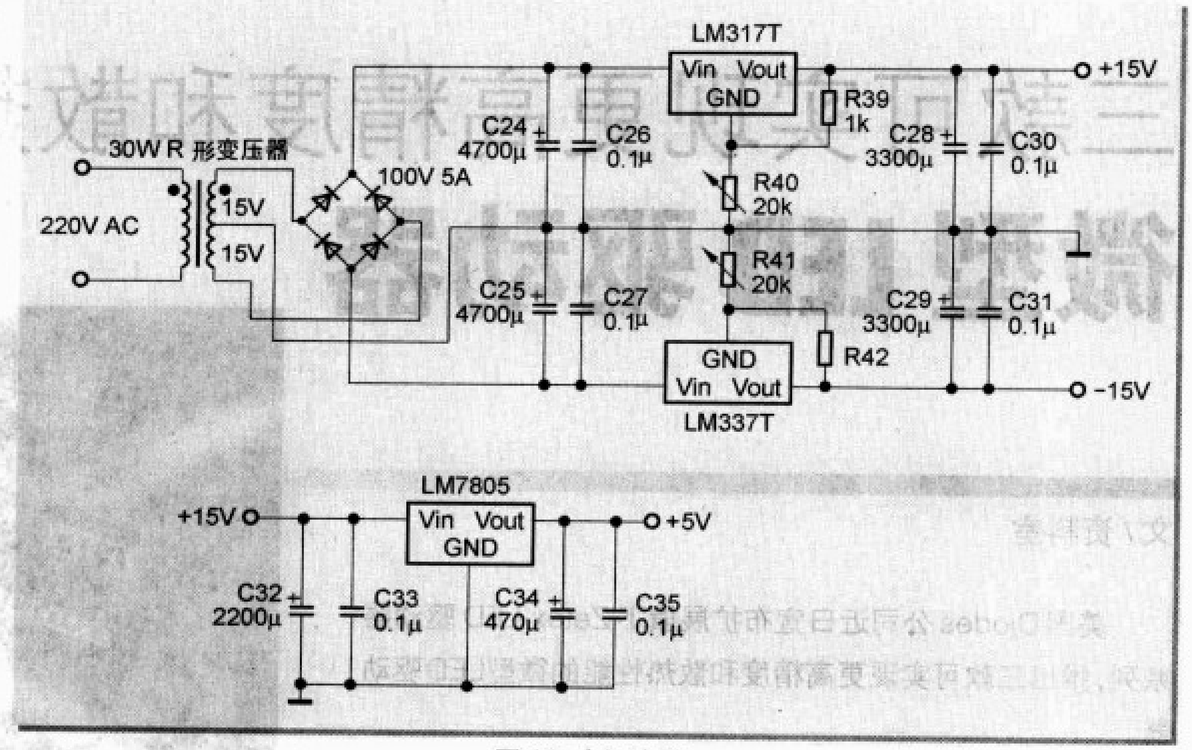


图14 电源电路

SDI脚送入PGA2310芯片内的移位寄存器，并由CE信号控制锁存。当CE为高电平时，储存在移位寄存器内的数据被锁存到相应的锁存器中。所要发送的数据为16位，方向为向左移动依次发送，R7为发送数据的首位。前8位为R声道的控制数据，后8位为L声道的控制数据，也就是说PGA2310是可以对两个声道进行单独控制，在该放大器中两个声道是同步控制的。控制数据与增益及衰减的对应关系如图4所示。控制程序见本期配刊光盘中的源程序。

在该放大器中，如果耳机的阻抗被检测为低阻抗耳机(<100Ω)，那么PGA2310增益最高为0dB，对应的最高控制数据为11000000B，对应的10进制数是192。单片机将192设置为音量控制的最高值，音量调节不能高于192级，所以在驱动低阻抗时，音量调节范围是0~192，对应的衰减量为-95.5dB~0dB，同时第4位数码管显示L，表示耳机为低阻抗耳机(见图12)。

如果耳机的阻抗被检测为高阻耳机(>100Ω)，则PGA2310将提供最大为7.5dB(2.37倍)的电压增益，对应的最高控制数据为11001111B，对应的10进制数是207。单片机将207设置为音量控制的最高值，音量控制不能高于207级，故在驱动高阻耳机时，音量控制范围是0~207，对应的衰减和增益为-95.5dB~+7.5dB，同时第4位数码管显示H，表示耳机为高阻抗耳机(见图13)。这就是单片机控制可变增益放大器的动作过程。

放大器在阻抗检测完成之前，继电器是释放的，这时耳机并未与放大器连接，而是串接在阻抗检测电路中的，在刚开机的几秒钟显示电路显示阻抗检测延时画面，目的是为了使阻抗检测的输出稳定，防止单片机出现误检测。阻抗检测完毕后，单片机控制继电器吸合，这时耳机与阻抗检测电路断开与放大器连接，进入正常工作模式。

图13 耳机为高阻抗耳机时的音量为65级

单片机程序使用汇编语言编写，爱好者可以通过修改程序来增加或改进某些功能以适用于自己的放大器。

六、电源电路

电源电路见图14，采用常用的正负稳压集成电路LM317/LM337，并无特殊之处，故不多阐述。用LM7805将+15V降到5V为单片机及PGA2310数字部分供电，由于该电路很简单就做在了一块万能板上。电源电路的PCB见图8。

元器件选择及调试

一、元器件选择

电解电容全部使用红宝石的YK系列电解电容，价格不贵，性能不错。小容量电容选用独石电容，两只音频输入电容使用的是3.3μF的钽电容，而没有使用这样那样的发烧音频专用电容，有些音响发烧友认为电容是除有源器件以外对声音影响最大的元件，用这种品牌电容会出香蕉味，用那种品牌电容会出苹果味等。有些发烧友将输入电容比作放大器的咽喉不惜重金购回天价电容用在自己的放大器上，称声音是多么的好。也许拆开音源看看，输出电容可能就是两个品牌稍好的普通电解，不知是哪个电容出的好声？在市场上被热捧的那些电容都价格不菲。也许是笔者无知，就笔者认为电容在放大电路里的作用无非就是滤波、旁路与耦合。它的存在会对放大器的频率特性造成影响，特别是耦合、旁路电容对低频响应的影响，以及有源器件极间电容对高频响应的影响。既然这样，设计放大器时在音频通道上就少用甚至

三款可实现更高精度和散热性能的
微型 LED 驱动器

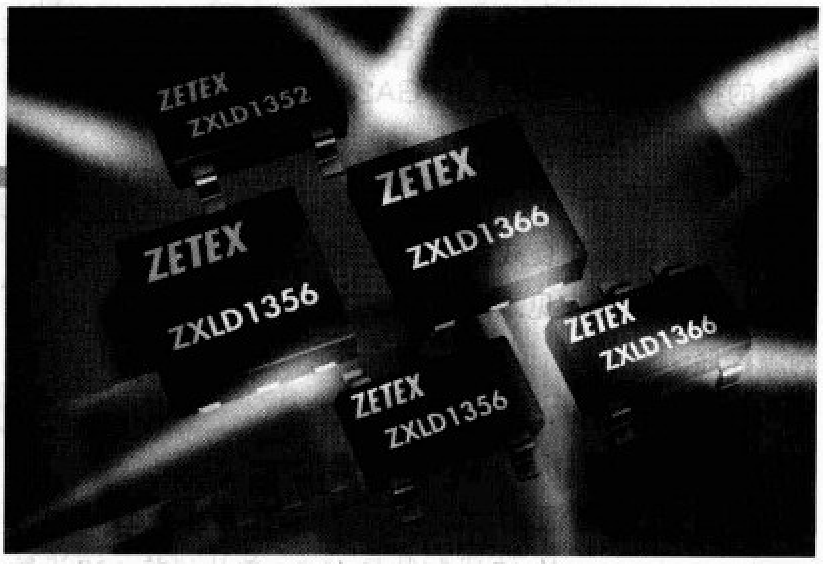
文 / 资料室

美国Diodes公司近日宣布扩展旗下Zetex LED驱动器系列，推出三款可实现更高精度和散热性能的微型LED驱动器。

高集成度的ZXLD-1352、ZXLD-1356及ZXLD-1366采用TSOT23-5及耐热增强型DFN6封装，分别提供350mA、550mA和1A可调节输出电流，适用于不同类型的汽车、建筑及工业照明应用。

ZXLD1356和ZXLD1366的典型输出电流精度高于1%，能够在高达60V的电压下工作，实现高精度的电流匹配。这两款驱动器采用TSOT23-5及3mm × 3mm DFN6封装，可分别输出30W和48W的功率，在需要最小占板面积和最高效率的应用中可支持多达15个LED。

ZXLD1352采用2.8mm × 2.9mm TSOT23-5封装，可在7~30V电源电压下工作，能够产生高达350mA的输出电流及提供高达8W的功率，可驱动多达10个LED串。该



驱动器的脉冲宽度调制(PWM)调光比高达1000:1，可实现高度灵活的亮度控制及精确的混色功能。

这些新型ZXLD驱动器属于连续操作模式电感降压式转换器，专门为驱动单个或多个高亮度LED而设计，易于配置和操作。只需使用一个与亮度要求精确匹配的PWM或DC电压控制信号，便可轻易调节由电阻器设定的标称输出电流。另外只需一个低电平控制信号，便可关掉输出，使驱动器处于待机状态。各款驱动器只需以3个分立式外置元件来支持。

别用电容，其实这是完全能做到的。

电阻全部用1/4W的金属膜电阻，可变电阻使用3296多圈可调电阻。继电器选用军工金属屏蔽继电器，体积小巧，用VC97万用表测其触点电阻，显示为0。电源变压器用一只30W的R型电源变压器。其他元件按图取值即可。

二、电路调试

整个电路一共有4处需要调试：

1. 电源电路：将电源电路接上变压器，调整R40、R41使输出电压为对称的双15V即可。

2. 放大器的末级电流：将放大器与调试好的电源连接起来，用万用表测输出管发射极电阻上的电压，调节R9、R19使两个声道发射极电阻上的电压均为200mV，对应的静态电流为20mA。

3. 恒流源：将阻抗检测电路接上电源，将串入耳机的两端短路，调节R35，用万用表测R36两端的电压使其等于1V即可，对应恒流源的恒流值为0.5 mA。

4. 阻抗检测电压放大倍数：给串入耳机的两端串入一只200 Ω的电阻，接通电源，调节R31使电压比较器的输出处于临界状态即可。再在串入耳机的两端串入一只小于200 Ω的电阻，比较器应该输出低电平，而串入高于200 Ω的电阻，比较器应该输出高电平。

以前笔者看过很多介绍耳机放大器制作的资料，大都是专为高阻耳机设计或是为低阻耳机设计的专用型，甚至是专为某个型号耳机设计的专用型。没有能够高低阻抗通吃的，于是就想着能否制作一台高低阻抗通吃的“通用耳机放大器”，经过两个多星期的思考以及实战，就做出了这个放大器。其实笔者做这个放大器的目的是想起一个抛砖引玉的作用，这个放大器的电路设计以及性能在广大的爱好者看来可能很一般，但是通过对负载的检测判断来实现对不同负载的放大和驱动的设计思路还是有一定意义的。还有在笔者们在进行传统电路制作中如果思路再开阔一些，或加上一些可编程的器件使电路更加智能一点，这又未尝不是一种创新。

五花八门流水灯

让流水灯转起来

○ 文/刘小康

学习单片机，流水灯可是很经典、很基础的实验。今天，我们大家就一起做一个旋转流水灯，制作起来简单、方便。图1就是笔者完成的流水灯，当它旋转时能产生图2所示图案，本期配刊光盘中有视频文件。该电路完全是在业余条件下制作，所用的材料比较好找。当朋友、亲戚到你家来时，可以向他们展示你的作品，而且还锻炼了自己的动手能力。

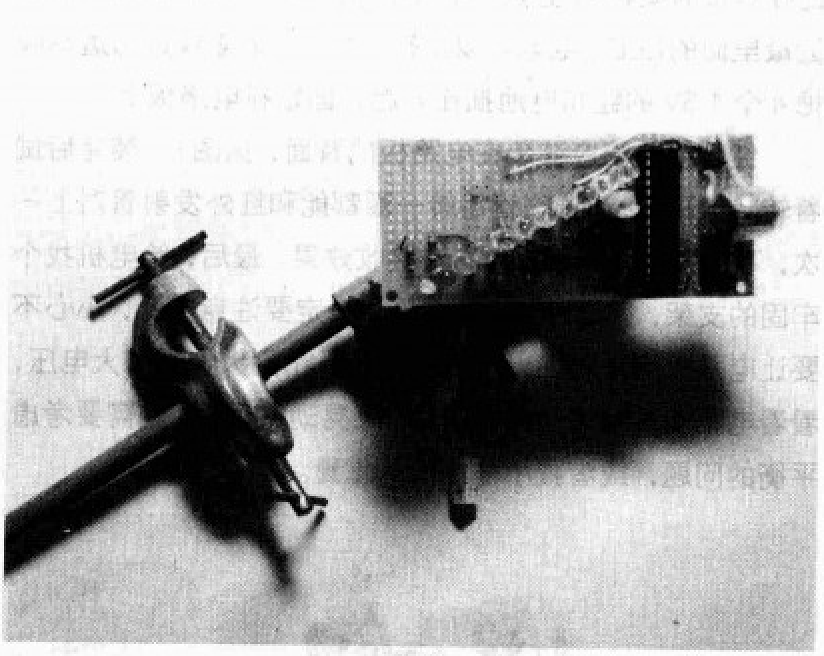


图1

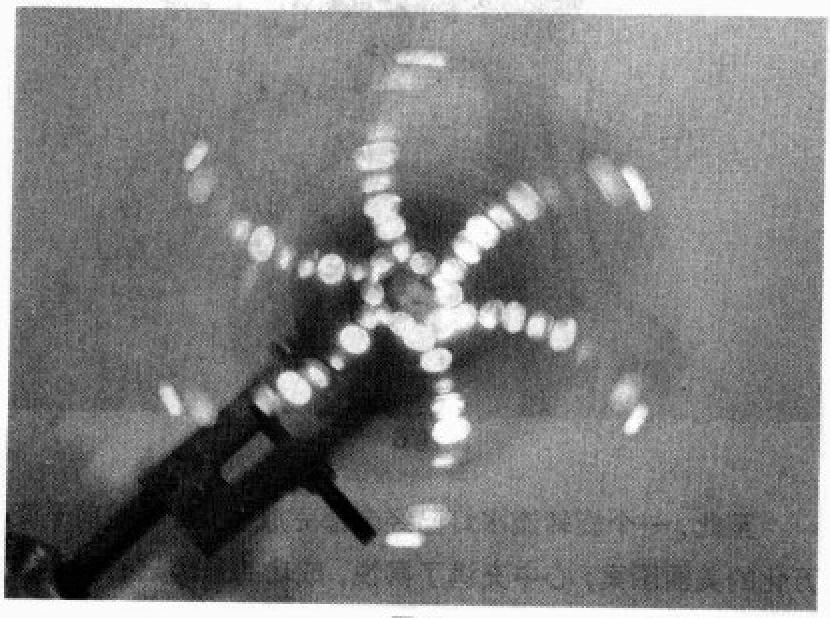


图2

一、电路原理

电路图如图3所示，单片机用的是ATmega8L（以下简称M8），其PB0～PB7，PC0～PC3的12个I/O口接上12个发光二极管(LED)，通过470Ω的电阻连接到VCC上。当然，LED的数量可以根据万用电路板尺寸的大小增减，笔者用的是5种不同颜色的超高亮LED，发光效果见图2和光盘中的视频文件。

单片机第4脚INT0通过一个10kΩ的电阻接到红外接收管上，它和红外接收管组成了一个光电触发系统。红外对管（IR transmitter and receiver）是一种常用的器件，所谓对管就是由一只红外发射管和一只红外接收管组成，如图4所示，黑色的一只是接收管。根据发射与接收的红外线频率不同，红外对管有不同的型号。当发射管与接收管的发射与

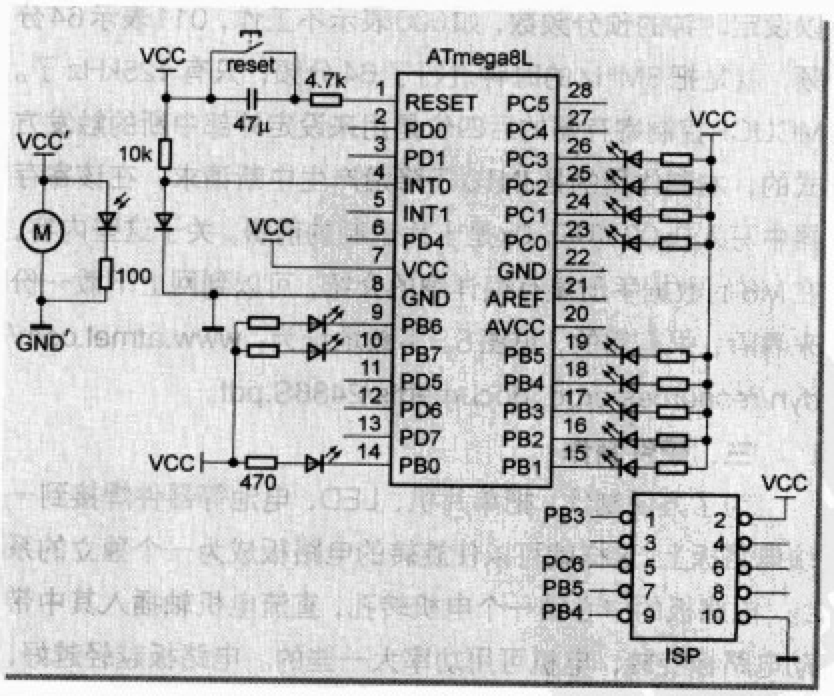


图3

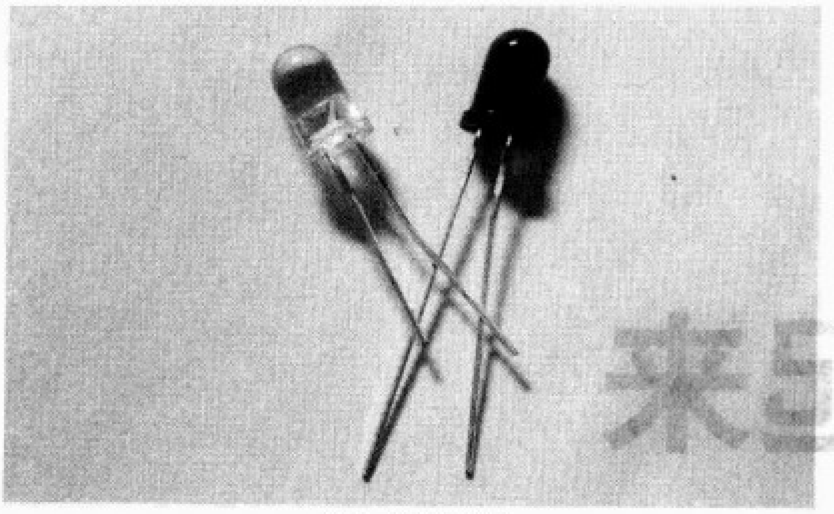


图4 红外对管

接收窗靠近对齐时，即红外线照射到接收管上，则接收管导通，其导通特性与普通二极管相似。一般来说，红外对管的有效距离为数米，如果想增加感应距离还可以加装透镜。在本制作中，红外对管用来产生触发外部中断INT0的低电平信号。还有，为了方便调试和随时下载新的程序，电路板上最好保留ISP下载口。

二、软件设计

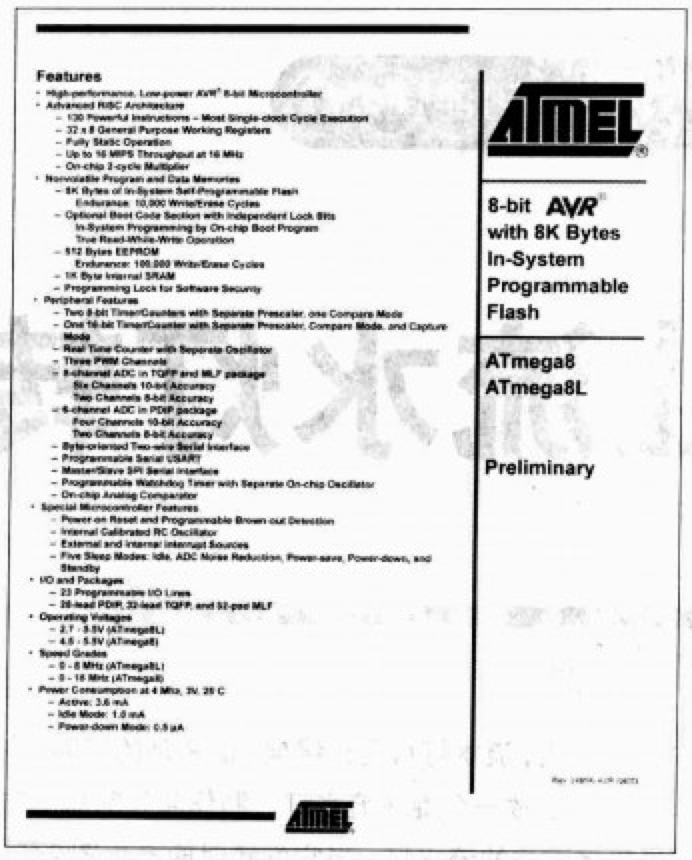
流水灯的编程十分简单，用到单片机的I/O口、timer1和外部中断资源。只要让I/O口输出低电平，对应的LED就能发光。电路板每转一圈，红外接收管导通一次，即外部中断INT0被触发一次。触发后进入中断程序，得到timer1的计数值，然后根据M8的时钟频率和timer1的预分频数，换算出每转一圈需用的时间，作为外部变量返回main函数，这样就能控制各LED在合适的时间发光，根据视觉暂留的原理，呈现在大家面前的就是一幅完整的图案。

M8的时钟频率可以有多种选择，有内部RC，外部RC，外部石英晶体，本电路用的是内部RC的8MHz时钟。

TCCR1B是M8的tiner1的控制寄存器，它的后三位可以设定时钟的预分频数，如000表示不工作，011表示64分频，就是把8MHz的时钟进行了64分频，只有125kHz了。MCUCR控制寄存器的后四位是用来设定外部中断的触发方式的，本制作用的是INT0下降沿产生中断请求，在该寄存器中写入0x02即可，0x是十六进制的前缀。关于这些内容，在M8的数据手册里有很详细的介绍，可以到网上下载一份来看看，很有用的，见图5。下载地址为：www.atmel.com/dyn/resources/prod_documents/2486S.pdf。

三、硬件制作

为了方便制作，把单片机、LED、电池等器件焊接到一块电路板上，这样就可以使旋转的电路板成为一个独立的系统。电路板的中心钻一个电机转孔，直流电机轴插入其中带动电路板旋转，电机可用功率大一些的。电路板越轻越好，电机转孔应重合或靠近电路板的重心，以减小转动惯量，因



Features
- High-performance, Low-power AVR® 8-bit Microcontroller
- Advanced RISC Architecture
  - 130 Powerful Instructions – Most Single-clock Cycle Execution
  - 32 x 8 General Purpose Working Registers
  - Fully Static Operation
  - Up to 16 MIPS Throughput at 16 MHz
  - On-chip 2-cycle Multiplier
- Nonvolatile Program and Data Memories
  - 8K Bytes of In-System Self-Programmable Flash
    Endurance: 10,000 Write/Erase Cycles
  - Optional Boot Code Section with Independent Lock Bits
    In-System Programming by On-chip Boot Program
    True Read-While-Write Operation
  - 512 Bytes EEPROM
    Endurance: 100,000 Write/Erase Cycles
  - 1K Byte Internal SRAM
  - Programming Lock for Software Security
- Peripheral Features
  - Two 8-bit Timer/Counters with Separate Prescaler, one Compare Mode
  - One 16-bit Timer/Counter with Separate Prescaler, Compare Mode, and Capture Mode
  - Real Time Counter with Separate Oscillator
  - Three PWM Channels
  - 8-channel ADC in TQFP and MLF package
    Six Channels 10-bit Accuracy
    Two Channels 8-bit Accuracy
  - 6-channel ADC in PDIP package
    Four Channels 10-bit Accuracy
    Two Channels 8-bit Accuracy
  - Byte-oriented Two-wire Serial Interface
  - Programmable Serial USART
  - Master/Slave SPI Serial Interface
  - Programmable Watchdog Timer with Separate On-chip Oscillator
  - On-chip Analog Comparator
- Special Microcontroller Features
  - Power-on Reset and Programmable Brown-out Detection
  - Internal Calibrated RC Oscillator
  - External and Internal Interrupt Sources
  - Five Sleep Modes: Idle, ADC Noise Reduction, Power-save, Power-down, and Standby
- I/O and Packages
  - 23 Programmable I/O Lines
  - 28-lead PDIP, 32-lead TQFP, and 32-pad MLF
- Operating Voltages
  - 2.7 - 5.5V (ATmega8L)
  - 4.5 - 5.5V (ATmega8)
- Speed Grades
  - 0 - 8 MHz (ATmega8L)
  - 0 - 16 MHz (ATmega8)
- Power Consumption at 4 Mhz, 3V, 25 C
  - Active: 3.6 mA
  - Idle Mode: 1.0 mA
  - Power-down Mode: 0.5 µA

8-bit AVR® with 8K Bytes In-System Programmable Flash

ATmega8
ATmega8L

Preliminary

图5

此在焊接时要特别注意元件的布局，让电路板的重心尽量靠近最里面的LED。电池可以用轻小型的，笔者就是用透明胶把4个1.5V的纽扣电池捆在一起，固定在电路板上。

红外接收管应该装在电路板的背面，见图6。装完后试着转转电路板，让接收管每转一圈都能和红外发射管对上一次，不要离得太远，以免影响接收效果。最后，给电机找个牢固的支架，固定住，通上电源，一定要注意安全，小心不要让电路板旋转时飞出来砸伤人。从小到大慢慢加大电压，看看电路板转起来是否稳定。如果晃动得厉害，就需要考虑平衡的问题，或者减小电路板的重量。

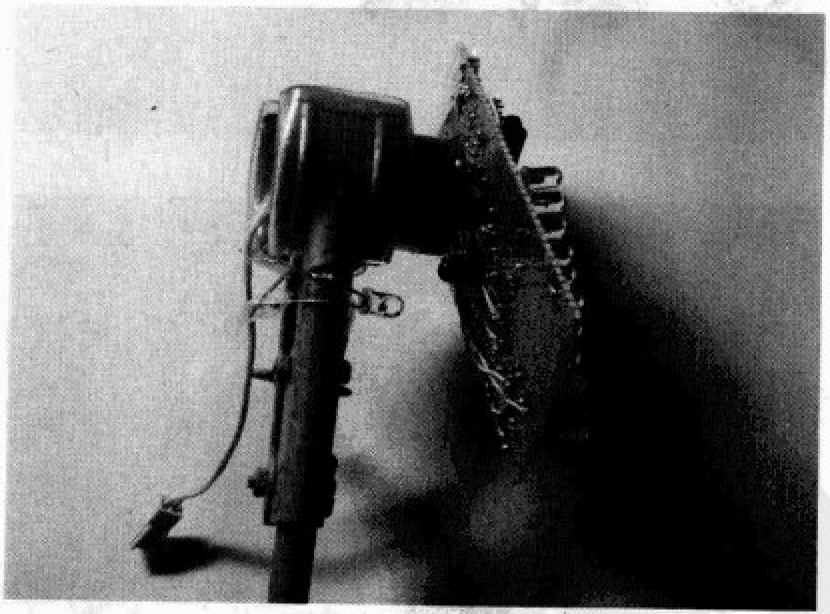
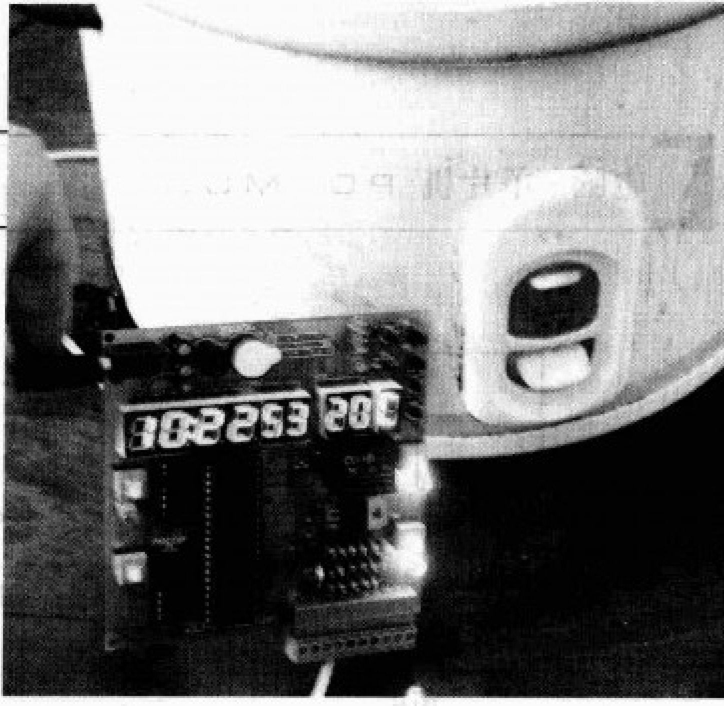


图6

至此，一个旋转流水灯已经全部完成了，看着眼前千变万化的美丽图案，心中充满了喜悦，成功的乐趣只有在实践中才能体会到。



用单片机数字钟
改造老式电饭锅

○ 文/曾冠维

家里的一台老式电饭锅已经服役8年，爸妈觉得它的功能单一(煮饭和保温)，准备买一台新式多功能电饭锅换掉它。觉得可惜，于是，热衷于单片机制作的我，制作出了一个控制电路——用单片机数字钟改造老式电饭锅，增加如下功能：

1. 时钟闹钟
2. 定时煮饭
3. 火力调节（煮粥，煲汤）
4. 环境温度测量

那时，正值我在做一个大二的项目——单片机实现数字钟。于是乎，我把这个想法介绍给导师，随即得到了充分的肯定和支持。经过2个多月的刻苦研究，终于大功告成。并且，老师给了一个特别高的分数。借此，也提示在学校做毕业设计的同仁们，不一定要步前人的后尘，只要有想法，生活中的一切都可以成为你的素材。

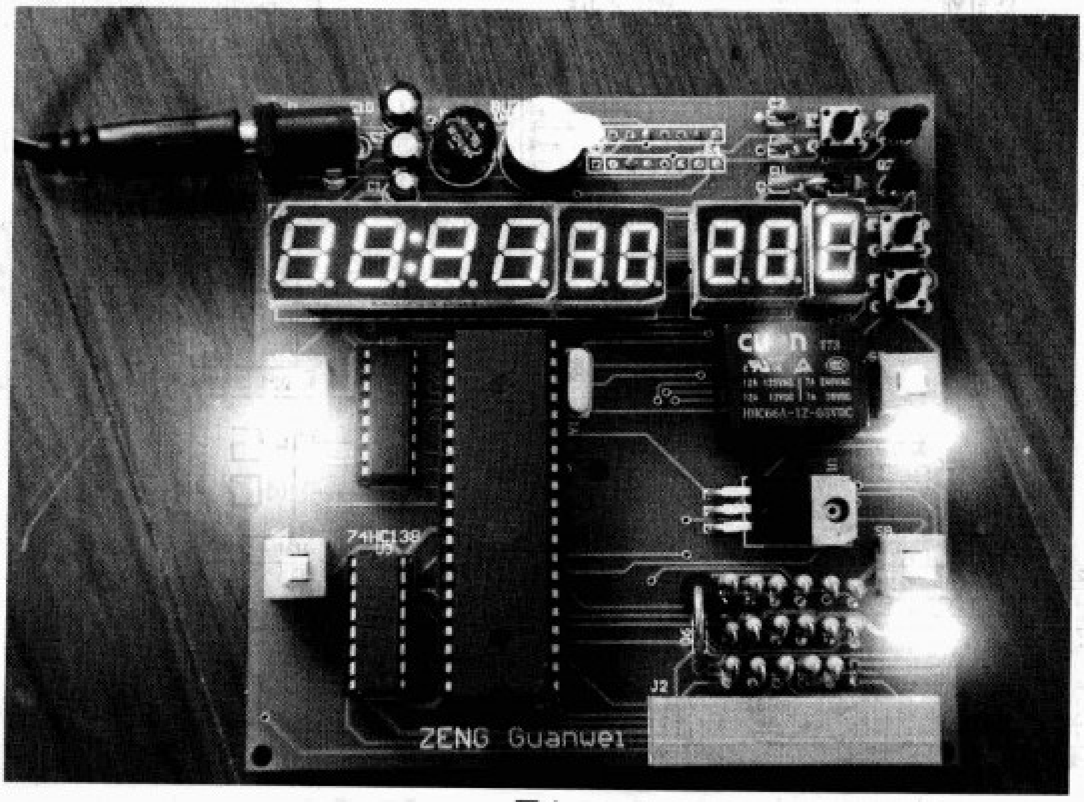


图1

下面，我将此电路的整体思路和实践中重要的细节整理出来，献给单片机发烧友。

图1是做好的控制器，包括两部分：时钟电路和控制电路。由于时钟电路是很基础的电路，所以在这里着重分析一下控制电路。

一、电路分析

1. 定时煮饭

首先，利用软件查询方式检测当前时间，一旦与预定时间吻合，开启继电器使电饭锅工作。继电器一方面受单片机输出电压的控制，另一方面可以控制内部开关的断开或闭合。其工作原理如下。

如图2所示，当A、B之间的电压超过一定强度，开关自动闭合。当A、B间的电压低于此强度，开关立即断开。本实验中，由于电饭锅电路中的电流较大，所以选用的是5V驱动，250V耐压，7A耐流的继电器。A、B其中一端接单片机输出口，另一端接地，这时，输出高电平使开关闭合。

2. 火力调节

在电饭锅电路中加入整流二极管，使电流的平均值变为原来的一半，从而使功率减半。整流二极管两端并联一个开关，通过人工来选择功率的大小，如图3所示。

3. 测量环境温度

环境温度是通过数字温度传感器

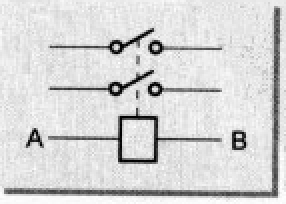


图2

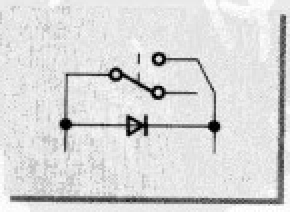


图3

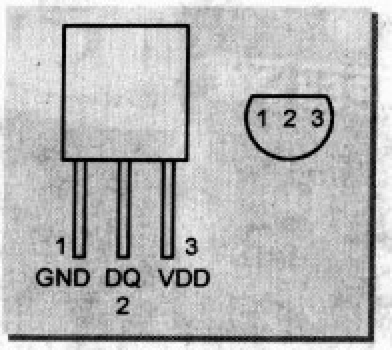


图4

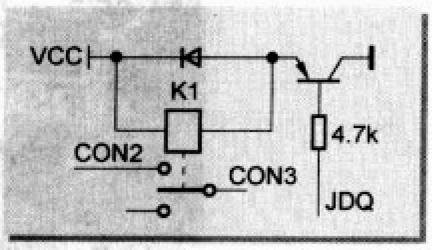


图5

DS18B20来测量的。如图4所示，1脚接地，2脚接5V电源，2脚DQ接单片机输入，以实现单片机对温度传感器的控制和数据交换。具体软件编程请见本期配刊光盘。

4．继电器驱动电路

由于单片机输出口的驱动能力有限，输出的高电平不能直接驱动继电器。附加电路如图5所示。

整机电路见图6。

二、电饭锅内部电路改造

图7为电饭锅内部电路原理图，将A、B点断开，用导线引入单片机PCB板上的接线端子，中间串联继电器开关和整流二极管，实现对电饭锅的控制。

三、软件设计

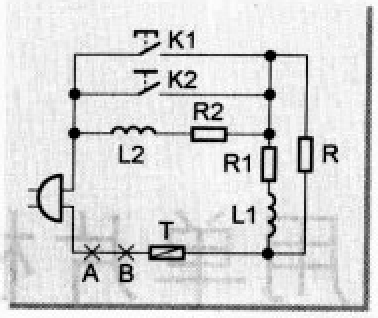


图7

1. 控制功能以硬件为基础，主要靠软件编程来实现，尤其是对时间的查询和开关的控制。

2. 时钟的调时程序需要设置防抖动功能。

下面是一个延时10ms的子程序：

```
JUS2:JNB S1,JUSO;
     LCALL DELAY;
     JNB SL,JUSO;
```

3. 完整的汇编语言程序，见本期配刊光盘。

四、结语

本制作并不难，首先是实现计时功能，其次是用软件控制电饭锅工作。其实，各个部分在网上都可以找到，而且还有可发挥的地方，特别是：

用温度传感器测锅内的温度，若温度达到100℃，断电，待温度降到98℃，启动电饭锅。反复循环，可以有效地节省能源。感兴趣的读者不妨试一下。

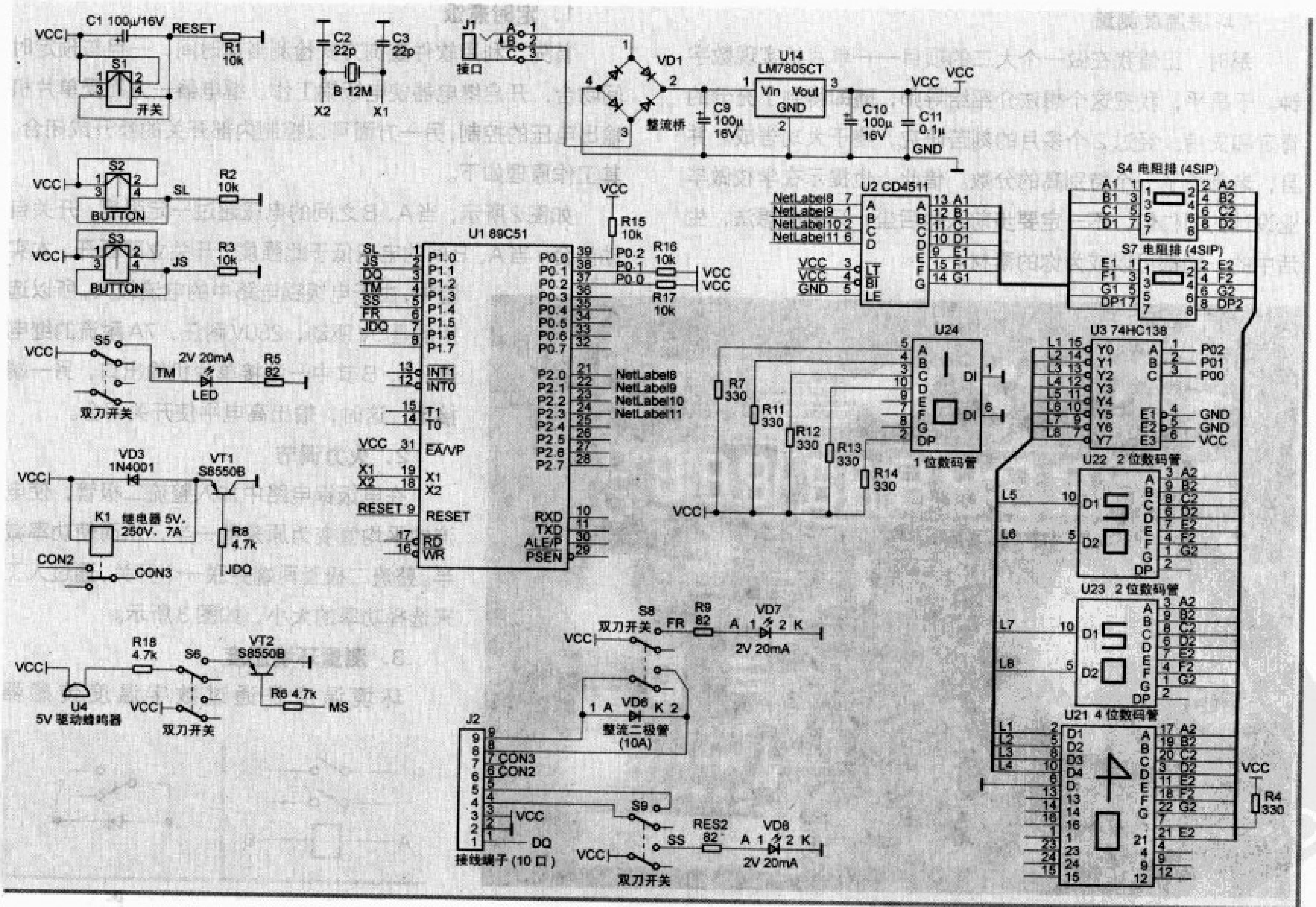


图6

用2条线读写 12864点阵液晶屏

○ 文/邢矫健

12864点阵液晶屏是8位单片机系统中使用较广泛的显示设备单元。然而12864屏标准接口需占用多达14条数据口线，本文提供一种将12864屏占用的口线缩减至2条甚至1条（不需回读数据时）的解决方法。

一、12864屏原接口及内部结构

12864屏的标准接口见图1，除作为电源及电压偏置的4个引脚外，还有DB0~DB7等8个双向数据引脚和RS、R/W、E、RST、CS1、CS2等6个信号引脚。也就是说直接使用原接口进行连接时，共需占用14条口线。

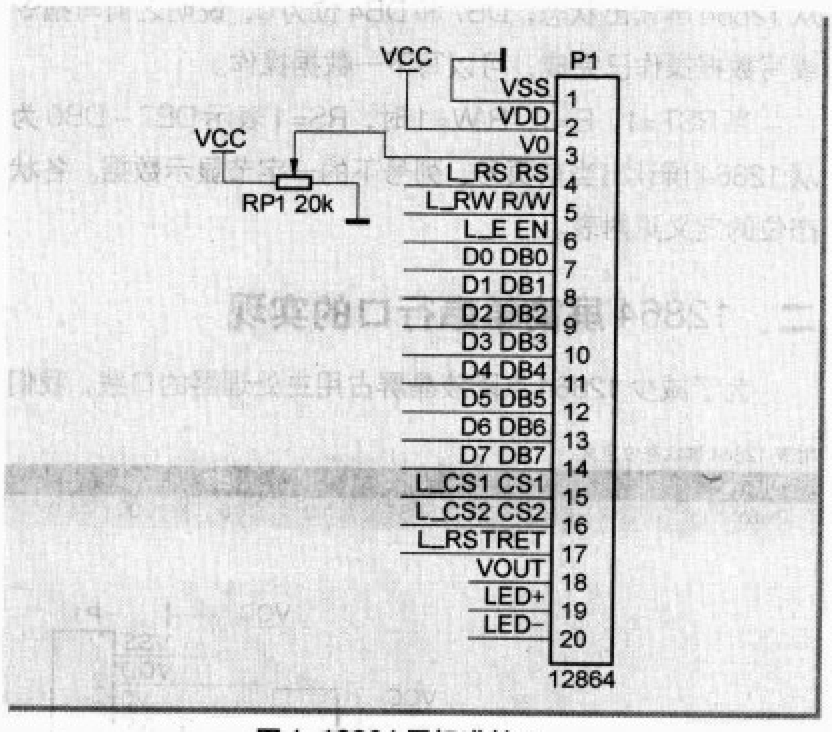


图1 12864屏标准接口

通过RS、R/W、E、RST、CS1、CS2这6个信号引脚的控制可以直接将要显示的点阵内容经DB0~DB7写入内部DDRAM，相应位为1则显示一个点，为0则相应点为空。128×64个点被分为左右两个64×64半屏，分别由CS1、CS2来选择，如图2所示，当CS1=1时点阵内容数据写入左半屏，当CS2=1时点阵内容数据写入右半屏。左右两个64×64半屏又被从上到下平均分成8小块，每小块为一个8×64点阵，正好用64个字节表示，每个字节表示一列8个点，64个字节正好组成一个8×64点阵。8小块对应为DDRAM的0~7页，每页有0~63字节。

写入点阵数据时，首先要确定要写入的相应页号（X地址）和列号（Y地址），当顺序写入时，写入1字节后列号（Y地址）会自动加1，可连续写入64字节；页号（X地址）不会自动加1，换页时需用显示指令设置页号。当

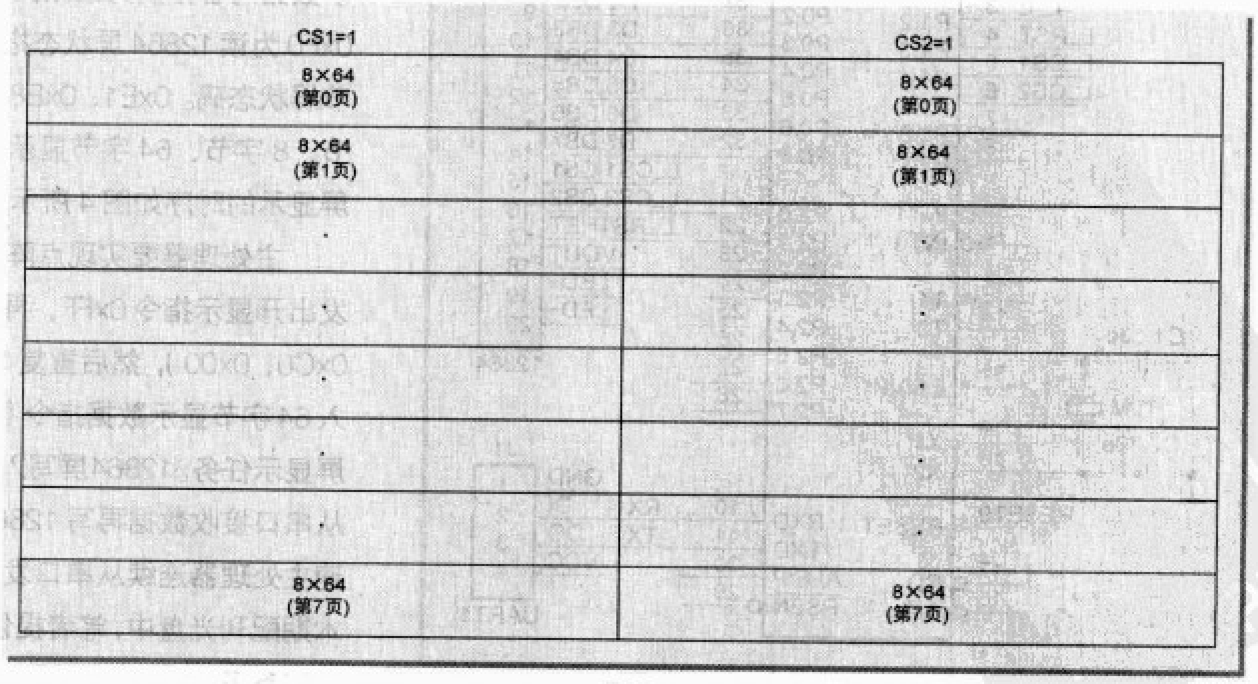


图2

RST=1，E=1，R/W=0时，RS=0表示DB7~DB0为显示指

令，E引脚的下降沿完成写入。0xB8～0xBF分别为设置当前页号为0～7的指令，0x40～0x7F分别为设置当前列号为0～63的指令，配合CS1、CS2引脚确定当前要写入的位置。

当RST=1，E=1，R/W=0时，RS=1表示DB7～DB0为显示数据，E引脚的下降沿完成写入。在连续进行显示数据写入时，列号会自动加1。

除定位页号、列号的指令外，0x3E为关显示指令，0x3F为开显示指令，0xC0～0xFF为设置显示起始行号为0～63的指令。当显示起始行号为0，则屏幕当前半屏的第1行为第0页8×64点阵的第1行。当显示起始行号为11，则屏幕当前半屏的第1行为第1页8×64点阵的第4行，之前的0～10行则被显示于最下面，以此类推。

当RST=1，E=1，R/W=1时，RS=0表示DB7～DB0为从12864屏读出状态，DB7和DB4位为0，说明之前写指令或写数据操作已完成，可以写下一数据操作。

当RST=1，E=1，R/W=1时，RS=1表示DB7～DB0为从12864屏读出当前页号、列号下的一字节显示数据。各状态位的定义见附表。

二、12864屏简单串行口的实现

为了减少12864点阵液晶屏占用主处理器的口线，我们

附表 12864屏状态位定义

DB7	DB6	DB5	DB4	DB3	DB2	DB1	DB0
BUSY	0	ON/OFF	RST	0	0	0	0

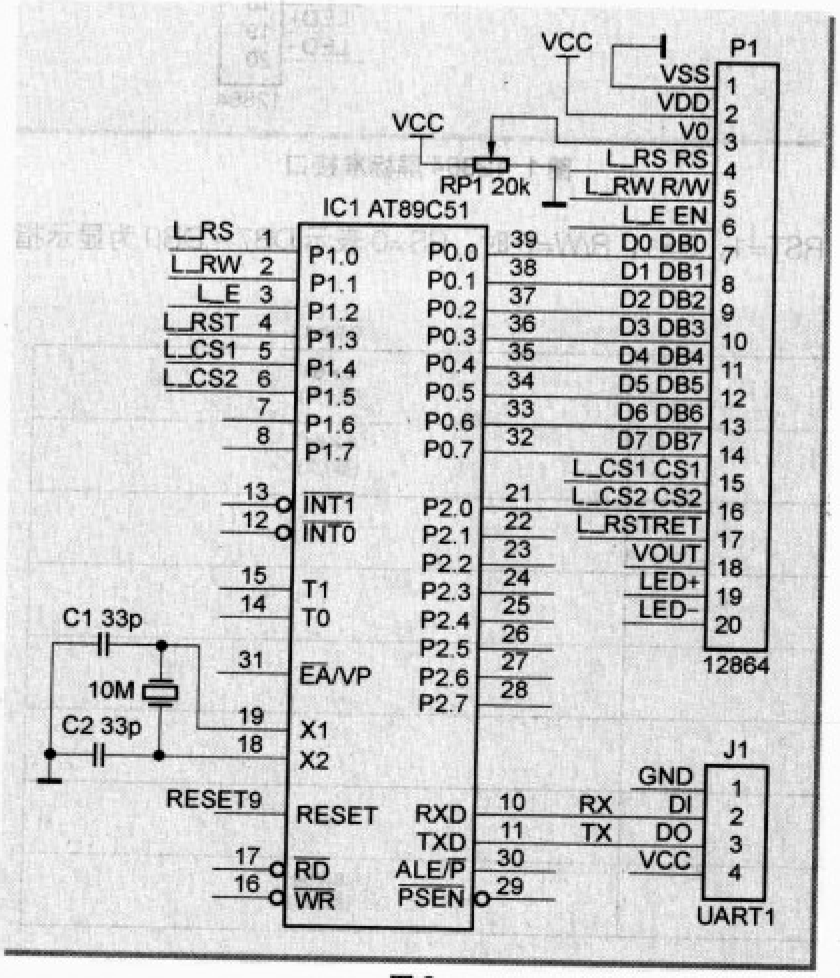


图3

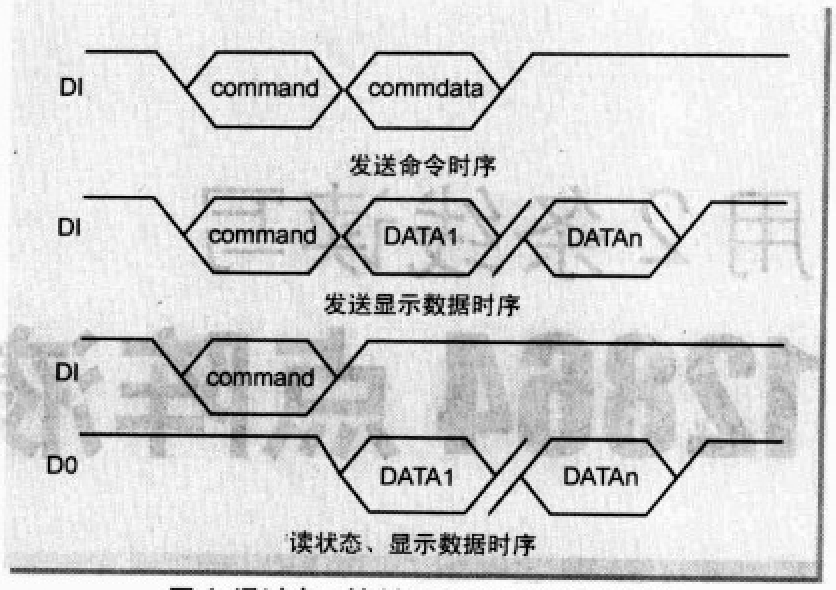
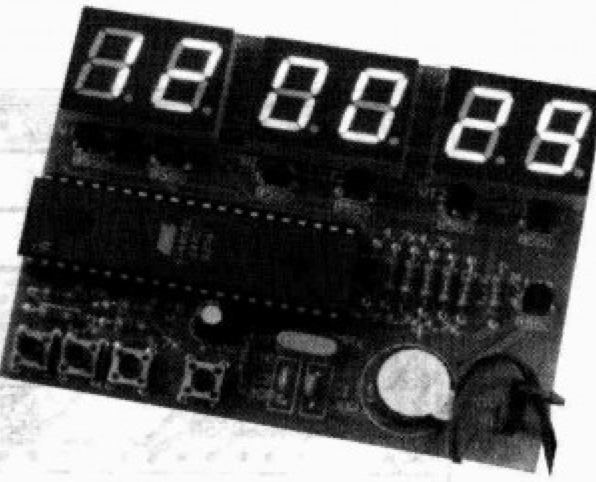


图4 通过串口控制12864屏显示的时序

使用一片便宜的89C51作为转接控制，按图3进行连接。P0口接12864屏的DB7～DB0，P1.0~P1.5分别接RS、R/W、E、RST、CS1、CS2这6个信号引脚。用89C51串行口的两根口线作为和主处理器通信的接口，其实显示屏作为输出设备，使用一根串口输入线即可完成点阵显示功能。

笔者编写了一个实现串口收发和对12864点阵液晶屏进行相应操作的软件，其工作过程如下：首先，对串行口进行初始化，然后进入等待串口数据输入的死循环。待串口有数据输入后，再根据所输入数据作相应处理，处理完成后重新进入等待串口数据输入的死循环。为了更高效地处理数据，规定当接收到0x00～0x7F，直接显示为一个ASCII码字符，如当收到0x41则显示一个“A”。当接收到0x80以上数据时为命令代码，0xFE、0xFF分别为关显示、开显示指令；0xB0～0xBF分别为设定页号为左屏0～7页和右屏0～7页的指令；0xD0、0xC0分别为设定列号、显示起始行号的指令，紧跟其后的1字节数据指定列号或行号；0xF1、0xF8、0xF4分别为向12864屏写入1字节、8字节、64字节显示数据的指令，显示数据内容分别为紧跟其后的1字节、8字节、64字节数据。0xF0为读12864屏状态指令，指令发出后将从串口返回1字节屏状态码。0xE1、0xE8、0xE4分别为从12864屏读出1字节、8字节、64字节显示数据的指令。通过串口控制12864屏显示的时序如图4所示。

主处理器要实现点阵字符或图形显示时通常只需从串口发出开显示指令0xFF，再发送设置显示起始行命令（一般为0xC0，0x00），然后重复16次指定页号命令和向12864屏写入64字节显示数据指令（紧跟64字节数据），即完成一次全屏显示任务。12864屏写入数据频率约为500kHz，另外89C51从串口接收数据再写12864屏接口需要一定的延迟，因此高速主处理器连续从串口发送显示数据过程中应适当延时。在本期配刊光盘中，笔者提供了用C51实现上述功能的软件，供大家参考。



多时刻定时数字钟

○ 文/阚海辉 刘海燕

常用闹钟只有一次闹铃，在需要多次提醒时操作繁琐，有时还会误事。为此笔者设计了一次可设定多时刻闹铃的时钟，选用单片机AT89C51控制，6位LED数码由软件编译直接驱动显示。该时钟能显示当前时间的时、分、秒，可以进行计时、校准，并能进行多点定时闹铃。其电路结构简单，系统控制方便，可用于家庭、学校、工厂等场所，作时间指示、多点时刻提醒。

一、电路原理

多时刻定时数字钟电路见图1。单片机外接12MHz的晶体。P0口输出字形码，P2口为扫描的字位码。显示电路选用3只双位共阳极数码管，其共阳极由三极管8550驱动。蜂鸣器作闹铃，也是由三极管8550驱动的。如果换成音乐芯片控制效果更好。单片机各端口分配如下：

P1.0：S1 校时按钮

P1.1：S2 校分按钮

P1.2：S3 定时设置存储按钮

P1.3：S4 定时设置退出按钮

P3.0：HA 蜂鸣信号

电源： 采用4节干电池供电，用LM7805集成稳压电路稳压获得5V标准工作电压。接插电源线时注意正负极不要接反，然后开启开关。

时间调整： 分别按下校时、校分按钮S1、S2即可调整校时，持续不放，时、分数值连续每秒加1，此操作使秒值清零。

定时设置： 按下定时设置存储按钮S3，计时显示切换到定时时间值显示，初值为“00”时“00”分“00”秒。再按S1设时数值，按S2设分数值，每按一下数值加1，调整

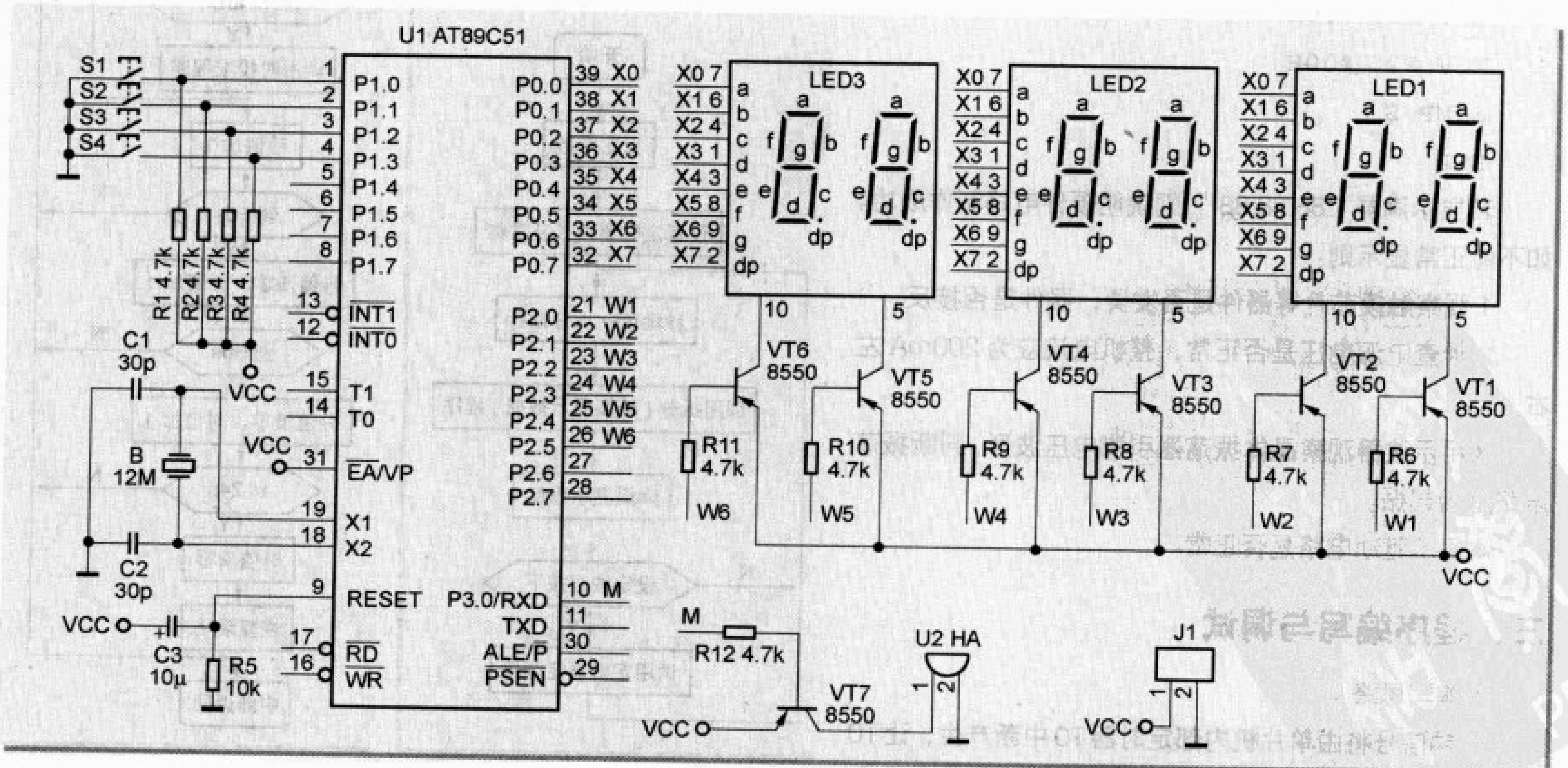


图1

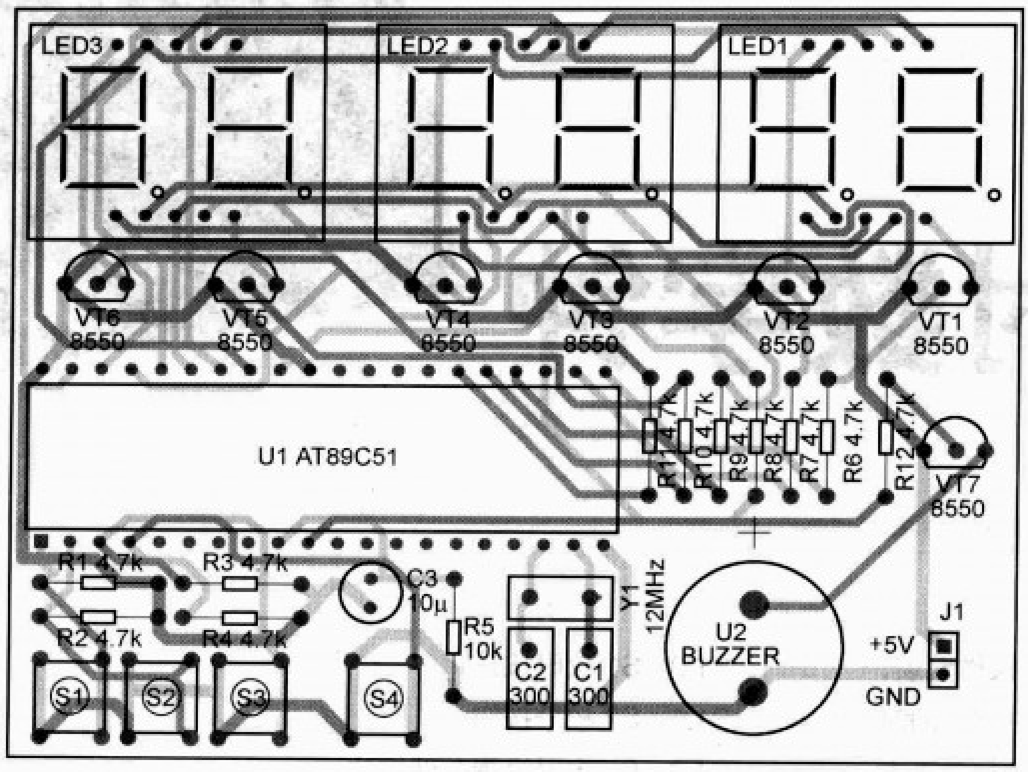


图2

到设定值时，再按S3保存第一闹铃时刻。然后再分别按S1、S2校时校分，再按S3保存第二闹铃时刻，如此可设定24个闹铃时刻。每次设好一时刻都可以按S4退出定时设置状态，恢复正常走时。在操作过程中会听到“嘀嘀”音提示。

二、硬件电路制作与调试

硬件电路由Protel99绘制的原理图自动生成印制板图，见图2。其中按钮、数码管等器件需创建库文件。然后制作印制板，焊装元件，如果没什么特殊情况会一次成功的。制作好的实物图见题图，运行调试程序：

```
MOV P0, #00H
MOV P2, #00H
SJMP $
END
```

若显示满屏“88.88.88.”则说明硬件电路制作成功。如不能正常显示则：

1.观察触摸芯片等器件是否发烫，器件是否接反。

2.检查电源电压是否正常，整机电流应为200mA左右。

3.用示波器观察晶体振荡器引脚电压波形，判断振荡电路是否起振。

4.显示驱动电路是否正常。

三、程序编写与调试

1.编写思路

时钟信号将由单片机内部定时器T0中断产生，让T0工作在方式1循环产生50ms时基信号，通过计数20次产生秒信号，再经计数得分和时的信号。因为采用定时器T0中断运行时不占用CPU的时间，所以保证走时的精度。程序开始内定时间为12点00分00秒，提供开机时使用，不然会出现显示乱码。

P1口的按钮信号采用查询法判别，当有效时，调用对应功能子程序。

多时刻闹铃程序采用数据对比法，先比较时数据，再比较分数据，与设定时刻相同时调用闹铃程序。

主要程序流程见图3、图4。

2.运行调试

软件编写调试采用“循序渐进法”，此方法尤其适用于大型复杂程序的编写调试。在本设计中我们先编写6位数码管动态扫描显示固定数值，如“654321”。仿真烧录成功实现后，在此基础上添加定时中断并显示走时数值程序，编写校时程序。最后嵌入定时存储设置和到时刻闹铃程序，如此不断编写不断调试不断完善。完整的源程序见本期配刊光盘。

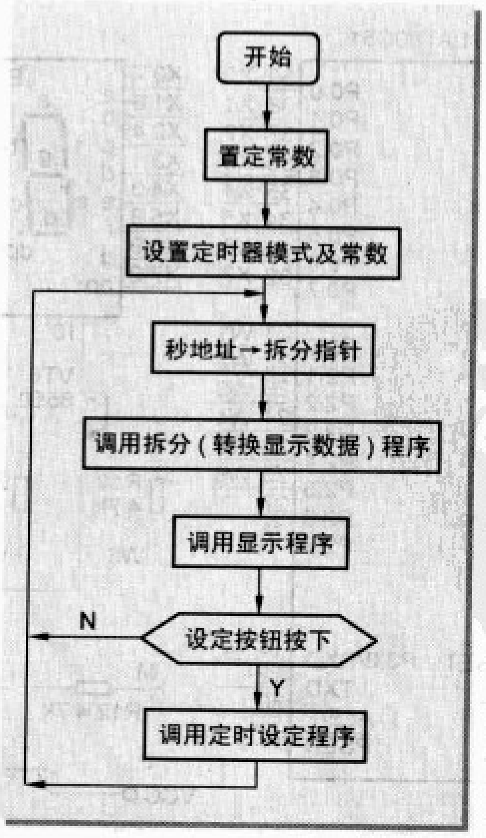


图3

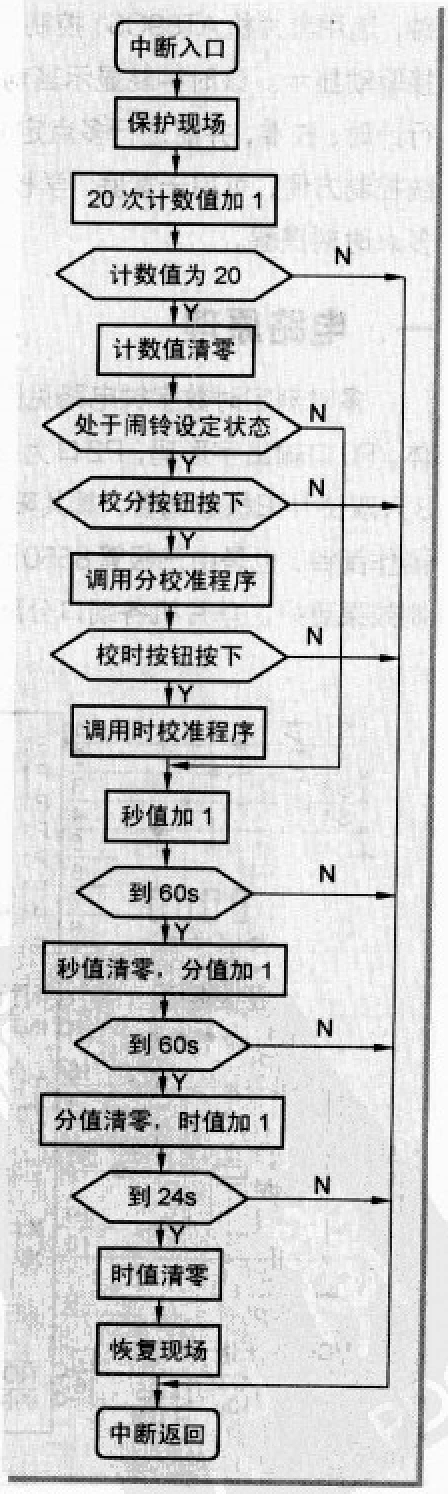
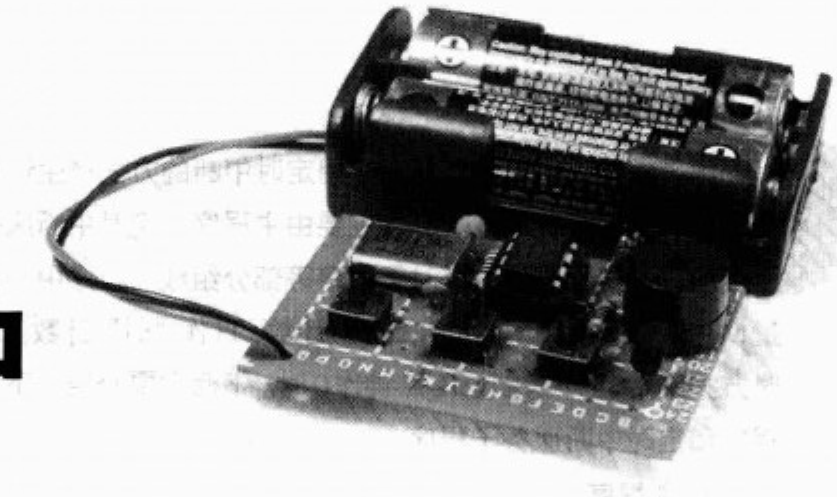


图4



盲人用电子钟

○ 文/吴汉清

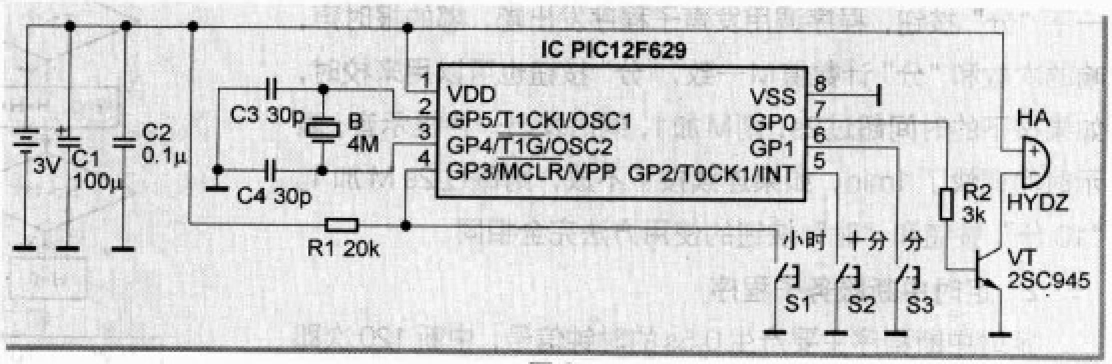


图2

盲人往往通过触摸和听觉的方式用特殊的计时工具掌握时间，笔者多年前曾写过一篇《盲人用石英电子钟》的文章，该电子钟通过声响报时，由于采用的是普通数字集成电路，电路比较复杂，仅数字集成电路就用了9块。2008年残奥会期间笔者又想起了这一制作，考虑用单片机来制作一只盲人用电子钟，通过软件实现数字集成电路的功能，电路主要使用了一块8脚的PIC单片机PIC12F629，总共才用了13只元器件，制作十分简单。

做好的盲人用电子钟见图1，使用非常方便，对应有“时”、“10分”和“分”3个按钮，如果按一下“时”按钮蜂鸣器响3声，按一下“10分”按钮响2声，按一下“分”按钮响1声，则表示当前的时间为3:21。如果按某个按钮不发出响声，则表示该位数当前值为0，如时间为3:05时按“10分”按钮就没有声音。

该电子钟的耗电量很小，两节五号电池可使用一年以上。

硬件电路设计

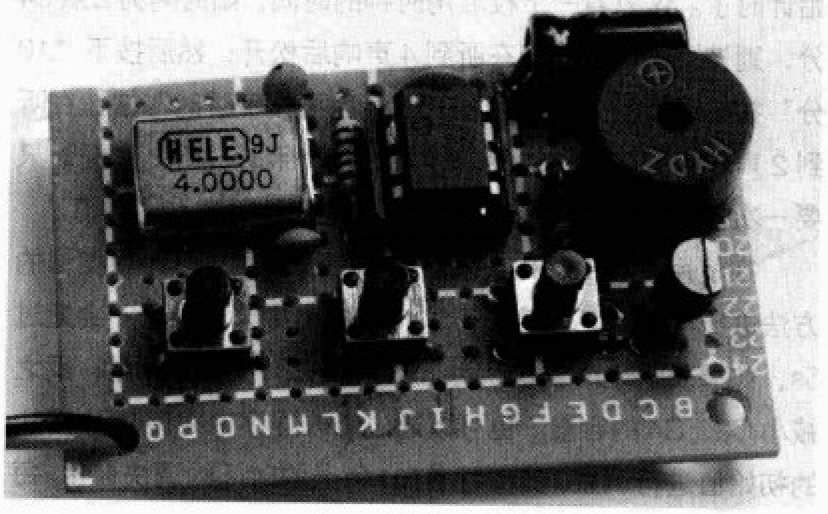


图1

电路见图2。单片机PIC12F629、晶体B和电容C3、C4组成单片机最小系统电路。

PIC12F629可以选择外部或内部振荡器，由于电子钟要求有高的计时精度，因此必须使用外部晶振电路作振荡器，时钟频率选4MHz。

PIC12F629片内有一个带有8位可编程预分频器的8位定时器/计数器TMR0和一个带有预分频器的16位定时器/计数器TMR1，这里用TMR1作计时用。

PIC12F629的工作电压为2~5.5V，这里使用3V电源，实测不报时时工作电流约0.3mA。

PIC12F629的大部分引脚都有复用功能，有些引脚除有特殊功能外还能作I/O接口，如GP3可以作外部复位用，当使用内部上电复位功能后可将其定义为输入接口使用，由于其作输入接口使用时内部没有上拉电阻，因此必要时外部要接上拉电阻。电路中用GP1~GP3作按键输入端，其中GP1、GP2作输入端使用时内部有上拉电阻，因此外部可不接上拉电阻，R1是GP3的上拉电阻。

GP0作输出接口用，用来作声音控制脉冲的输出，通过三极管VT推动有源蜂鸣器SP发声。常态下GP0输出低电平，VT截止。

当按一下某一个按钮时，GP0即输出周期为0.5s、占空比为50%的脉冲信号，控制SP发声，脉冲信号的个数由对应位的时间变量确定。

软件设计

为了保证计时精度，程序采用定时中断的方式产生计时信号，用汇编语言编写。程序主要由主程序、定时中断服务子程序、发声子程序、延时子程序等部分组成。程序中用变量M作“分”计数，T作“10分”计数，H作“时”计数。计时方式采用12小时制，12点钟作0时。下面主要介绍一下主程序和定时中断服务子程序。

1. 主程序

主程序由初始化和键盘扫描程序等部分组成，程序流程图见图3。完整的程序文件见本期配刊光盘。

下面以“分”为例说明一下键盘扫描程序的工作过程，按一下“分”按钮，程序调用发声子程序发出嘟、嘟的报时声，响的次数和“分”计数值M一致，“分”按钮也可以用来校时，如果按下的时间超过2s，则M加1，同时发出一声提示音，表示时间调快了1min，如果连续按下不放，则每过2s M加1。“10分”按钮和“时”按钮的使用方法完全相同。

2. 定时中断服务子程序

定时中断程序主要产生0.5s的时钟信号，中断120次即得到1分钟的信号，定时中断程序的另一个功能是实现“分”、“10分”和“时”的计数和进位。程序流程图见图4。

TMR1有两种工作方式：定时器工作模式和计数器工作模式，这里采用定时器工作模式，使用内部时钟信号，TMR1的预分频器的分频比设置为1:8，由于这里系统的时钟频率取4MHz，4分频后对应的指令周期为1μs，再经TMR1的预分频器8分频后得到TMR1的时钟脉冲周期为8μs，当定时时间设置为0.5s时，TMR1的累加次数为500000/8=62500，能够使16位宽的TMR1寄存器产生溢出的最大值为1000H=65536，因此寄存器TMR1H:TMR1L装载的初始值为：65536-62500=3036=0BDCH，即TMR1H=0BH，TMR1L=0DCH。

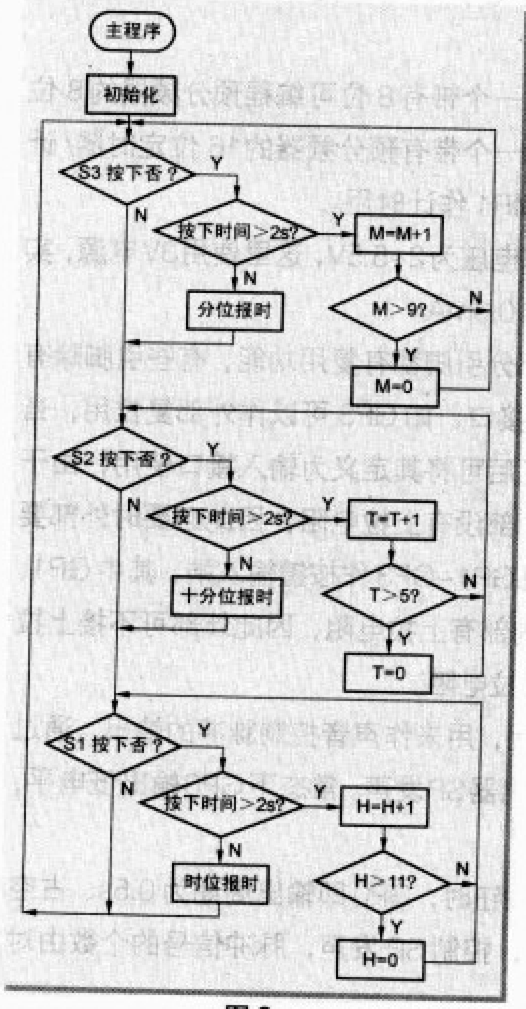


图3

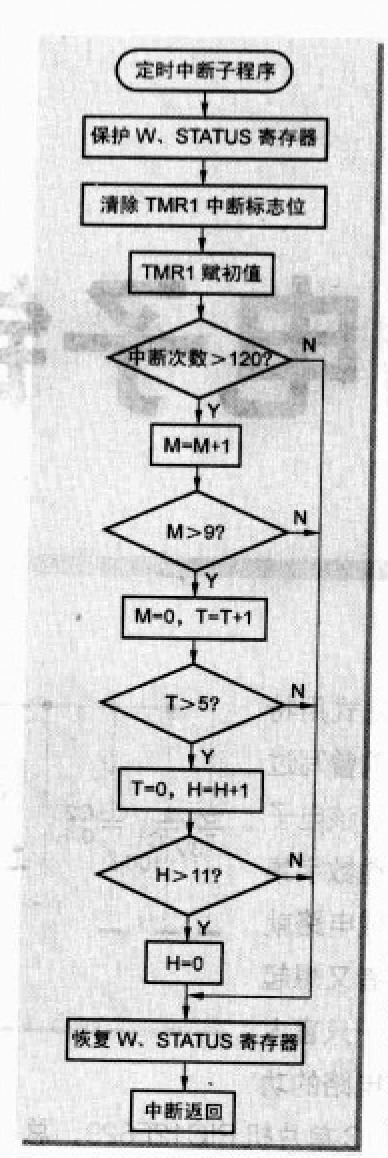


图4

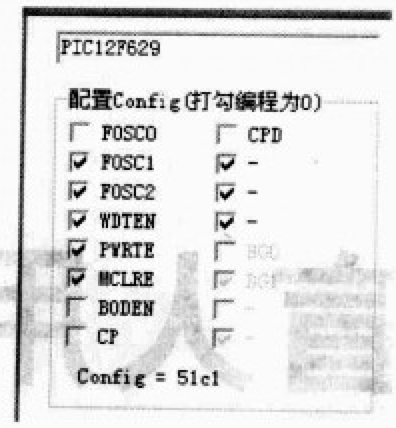


图5

由于发生一次中断的时间是0.5s，因此要获得1min的计时信号，必须中断120次，用变量J对中断次数进行计数，每计满120个时数表示“分”的变量M就加1，M计满10时表示“10分”的变量就T加1，T计满6时表示“时”的变量H就加1，在某位变量进位的同时前一个变量同时置0，如“时”进位的同时“10分”位被置0。这样就可以计时了。

安装调试与使用

图1中蜂鸣器HA要选用能在3V直流电压下工作的有源蜂鸣器，即在其两端接上3V直流电压即能发声。

安装前先将目标程序写入PIC12F629，使用TOP2005编程器时的有关配置位见图5，使用其他编程器时可参照此设置。

使用前要进行对时，找一个比较准的电子钟或打开电脑的时间和日期属性窗口（更新一下Internet时间）作校准用时钟，由于本装置不对秒进行校时，为了让秒也能校准，可在校准用时钟的秒针过零的瞬间装上电池，这时候秒就从0开始计时了。这时看一下校准用时钟的时间，如时间为2点34分，则按下“分”按钮在听到4声响后松开；然后按下“10分”按钮在听到3声响后松开；最后再按下“时”按钮在听到2声响松开，这样时间就校对好了。平时“听”时间时只要一次按的时间不超过2s，就不会改变计时变量的数值。

在使用过程中，如果发现时间有误差了，可以用类似的方法进行校对。正常情况下这个电子钟每天的误差不会超过5s，如果发现走时偏快，可适当增加C3、C4的容量；反之减小C3、C4的容量。也可以通过修改程序中寄存器TMR1L的初始值进行调整，其值每增加1每天的时间约调快1.4s，每减少1每天的时间约调慢1.4s。

无线门铃报警器

○ 文/张建平

在现代家庭中，利用无线电技术制成的无线门铃和无线防盗报警器已广为应用，但目前市面上所售无线门铃以简易型居多，即遥控器与接收器间的数据传输采用非编码式，这种门铃生产成本较低，一般售价在20到30元之间，但是许多用过的人反应，这种门铃距离很近，而且在同一单元两户人家都安装时，无法进行区分，即只要有一户人家有客人来访，两家室内的门铃都响，让人难以接受。

本文向读者介绍一款集无线门铃和无线防盗报警器于一身的无线门铃报警器的制作，由于采用了AT89C2051单片机作为中央处理芯片，使得该系统的功能扩展比较方便，整个系统如需改变某种设置，只要更改相应的软件即可。在本设计中，我们将发射器发送的数据进行编码，只有收到与接收机配套的遥控器发射的信号时，接收机才会做出反应。当有人按门铃时，系统播放动听的音乐声，当需要作为防盗报警器用时，只要按动手中的遥控器将报警器设置成布防状态，此时报警器“嘟、嘟”响两声后便进入布防状态，在这种模式下，只要有人在红外线探头监控范围内走过，系统就发出响亮的110警车报警声。

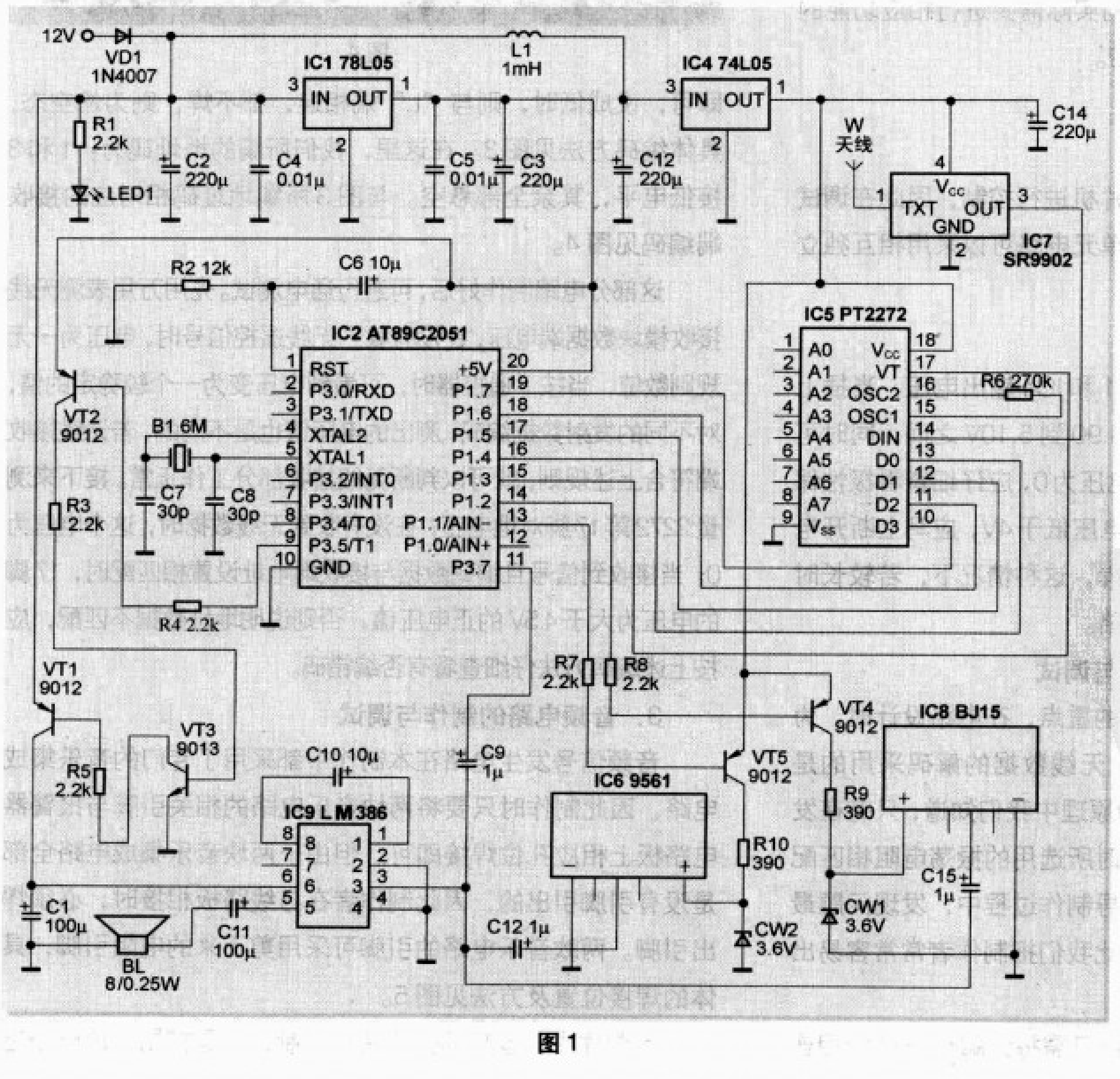


图1

系统设计与分析

电路原理图如图1所示。

电路主要由无线接收、数据解码、数据处理、报警电路、音乐电路、功放电路和电源电路组成。整机接收频率315MHz，数据解码采用市面上用得较多的PT2272专用解码芯片，可靠性及稳定性较好；数据处理的任务由单片机完成，用于区分报警信号、门铃信号，同时接受各种操作指令，完成相应的操作：当接收到报警信号后即驱动报警电路，发出响亮的110警车报警声；当收到的是

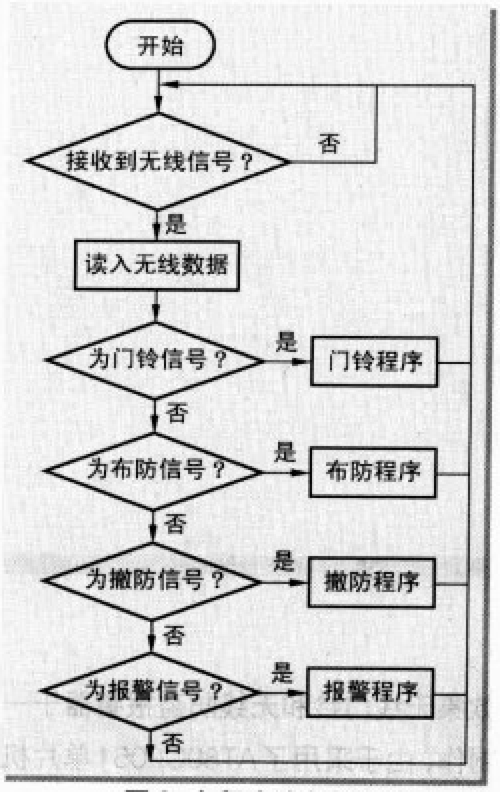


图2 主程序流程图

门铃信号时，就发出音乐声。由于电路中存在高频电路，因此我们在对电源部分进行设计时，采用了高频供电与单片机供电分开的方式，分别设计了二只三端稳压集成电路分开供电，以求相互间的干扰降到最小。

该报警器的设计难点主要集中在软件的设计上，在硬件电路的设计上，由于音频发生电路采用了专用音乐集成电路，一定程度上简化了程序开发的难度，这种电路设计方式，当要发出一种声音时，只需控制这部分电路供电即可，音乐电路得电，产生音频信号，送入功放电路放大后便可发出声音，为了给有兴趣的读者提供改进的机会，我们留了P3.4口作为音频信号的发生器端口，可根据读者自己的实际需要进行相应功能的开发。主程序的程序流程图见图2。

电路制作与调试

在本制作中，由于采用了单片机进行控制，因此在调试时可以先不插上单片机，各外围单元电路可以采用相互独立的方式进行制作与调试。

1.电源部分调试

用万用表直流电压挡测量IC1和IC4输出电压，当插上12V电源时，所测得的电压应在4.90到5.10V之间，同时可以看到电源指示灯点亮。若所测电压为0，应仔细查看极性保护二极管VD1是否反焊；若输出电压低于4V，应马上断开电源，仔细查看集成电路有没有反焊，这种情况下，若较长时间不断电，容易损坏稳压集成电路。

2.无线数据接收电路的制作与调试

这部分电路的调试是本制作的重点，在电路设计时，为了简化单片机软件部分的设计，无线数据的解码采用的是PT2272硬件解码，从这款芯片的原理中我们知道，只有在发射端的地址与接收端相一致，同时所选用的振荡电阻相匹配时，方能正确解码，而在我们指导制作过程中，发现问题最多的也是这部分电路的调试，因此我们把制作者常常容易出错的地方例举出来，供读者参考。

若要将地址位设成高电平，则只需将该脚与“H”端相连

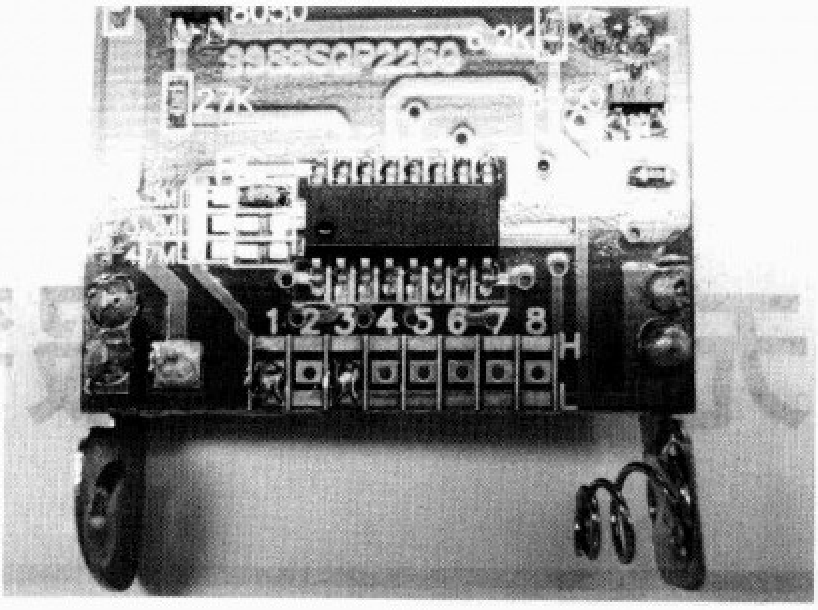


图3

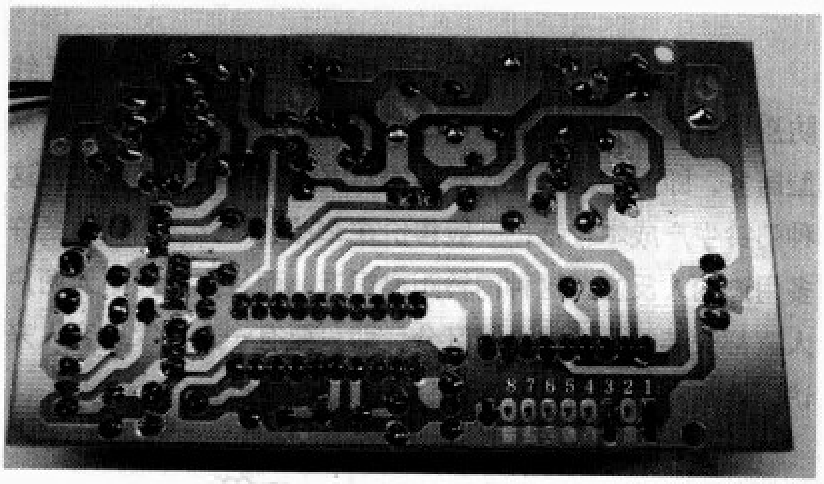


图4

即可，设成低时，则与“L”端相连，都不焊，则为悬空态，具体编码方法见图3。在这里，我们所编的地址码为：1和3接低电平，其余全部悬空。与图3所编地址码相对应的接收端编码见图4。

这部分电路制作好后，可进行通电测试。先用万用表测无线接收模块数据端电压，在没有收到无线遥控信号时，电压为一无规则数值，当按下遥控器时，可看到电压变为一个较稳定的值，对不同的发射数据编码，测出的电压值也是不同的，若无线接收端符合上述规则，就可以判断无线接收部分工作正常。接下来测量2272第17脚对地电压，在没有收到无线数据时，这个电压为0；当接收到信号且编码数据与接收端地址设置相匹配时，17脚的电压为大于4.5V的正电压值，否则说明地址数据不匹配，应按上述编码方法仔细查看有否编错码。

3. 音频电路的制作与调试

音频信号发生电路在本制作中都采用了专门的音乐集成电路，因此制作时只要将两块音乐电路的相关引脚与报警器电路板上相应孔位焊接即可。但由于两块音乐集成电路全部是没有引脚引出的，因此制作者在与线路板相接时，必须焊出引脚。两款音乐电路的引脚可采用剪下来的电阻引脚，具体的焊接位置及方法见图5。

本制作中，音频部分分两步控制，一是控制功放电路电

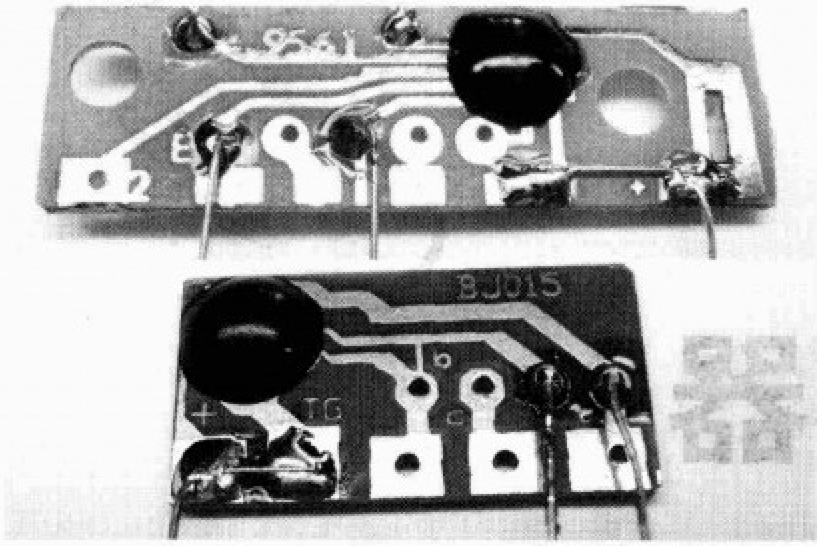


图5

源，另一步是控制音频信号发生电路电源，换言之就是只有以上两部分同时通电，才能在扬声器中发出声音。因此在对这部分电路调试时，也应从这两方面进行。通电后，取一导线，一端与地相接，另一端与20脚集成电路插座第9脚相连，这时便接通了功放电路的电源，用手捏一螺丝刀金属部分去碰IC3的3脚，可听到扬声器中发出“吱、吱”的声音，这表明功放电路工作正常。另取一导线，一端接地，另一端分别去碰13和14脚，正常时可分别听到门铃的音乐声和110警车的报警声，若有一路音乐工作不正常，只需检查这部分电路即可，由于音乐电路采用CMOS电路，具有较高的输入阻抗，因此容易受到静电等的攻击而损坏，焊接时一定要注意不要时间太长。只要音乐电路不损坏，一般这部分电路都能正常工作。

4．整体调试

全部电路制作完成的无线门铃报警器元件安装见图6，整体器件的配置见图7。

系统功能扩展

在本制作中，重点是利用单片机对各功能电路的组合控制，对于音频部分都采用了控制相关电路电源的方式让其工作而发音，因此电子制作难度相对较低，为了让读者能有机

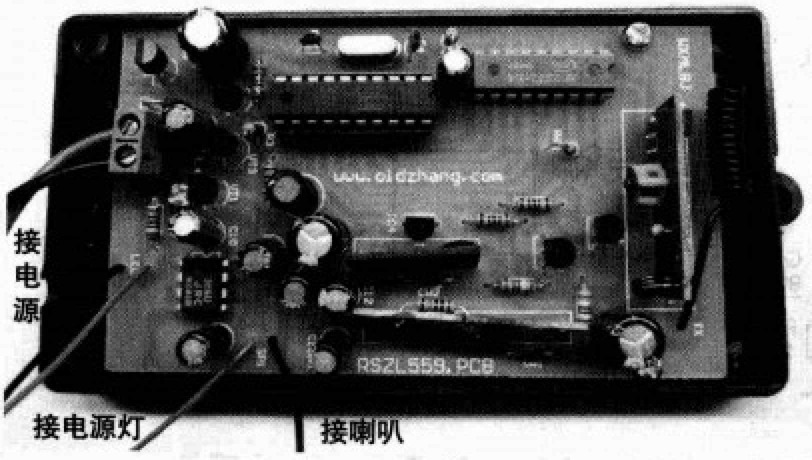


图6

元器件清单

标注	元件名称	型号规格	数量	配货
R9、R10	电阻	390	2	
R1、R3~R5、R7、R8		2.2kΩ	6	
R2		12kΩ	1	
接9561上		200kΩ	1	
R6		270kΩ	1	
C1、C2、C11	电容	100μF	3	
C3、C13、C14		220μF	3	
C6、C10		10μF	2	
C9、C12、C15		1μF	3	
C4、C5		0.01μF	2	
C7、C8		30pF	2	
L1	电感	1mH	1	
VD1	二极管	1N4007	1	
LED1	发光二极管	ϕ3（含座）	1	
CW1、CW2	稳压二极管	3．6V	2	
B1	晶体	6MHz	1	
VT1、VT2、VT4、VT5	三极管	9012	4	
VT3		9013	1	
IC1、IC4	集成电路	78L05	2	
IC2		AT89C2051	1	
IC3		LM386	1	
IC5		SC2272L4	1	
IC6		BJ15	1	
IC7		无线接收头	1	
IC8		9561	1	
SP1	扬声器	8Ω/0.5W	1	
–	集成电路插座	20脚	1	
–	接线柱	2位	1	
–	线路板		1	
–	扬声器固定胶		1	
–	外壳		1	
–	电源插座	金属2.1	1	
–	自攻螺丝	3×8	3	
		3×25	4	
–	连接线	红0.12×15	2	
		黑0.12×15	2	
		红0.5×15	1	
		黑0.5×15	1	
–	遥控器		1	
–	门铃按键		1	
–	红外线人体探头		1	
–	12V稳压电源		1	

会进一步提高自己的软件编制能力，在对布防与撤防响音的声音处理上，我们专门设计了由软件来产生音频信号，读者可以在掌握了本制作的基础上，将门铃的音乐声也用软件来产生，进而提高自己的软件编制水平。

图7

一款便携式 数字酒精检测器

○ 文/徐伟（BH3NVN）

酒在人们的日常生活中扮演着重要的角色，无论是喜庆节日还是朋友聚会，大家都喜欢喝上两杯酒助助兴。随着我国经济的高速发展，人民的生活水平迅速提高，越来越多的人有了自己的私家车，而酒后驾车造成的交通事故也频频发生。

人们在饮酒过量后驾驶交通工具或从事某些生产活动是非常危险的，但是由于没有适合的测量设备，光凭饮酒者自己的感觉来判断往往不可靠。笔者认识研发半导体传感器的朋友，于是结合客户提供的酒精传感器，设计了这款使用方便的数字酒精检测器，旨在人们酒后用它定量检测自己体内的酒精含量，避免饮酒过量造成害人害己的事故。

一、数字酒精检测器的功能

笔者设计的这款轻巧实用的数字酒精浓度检测器，主要用于人们酒后口气中酒精含量的测量，也可用于空气环境中酒精浓度测量，司机酒后驾驶检测等。该数字酒精检测器外形如图1所示，整个机器只有一个开机键“POWER”，当电池就位，按下按键就会开机。开机后，机器首先进入预热状态，屏幕显示“Warm up”和10s的倒计时，倒计时完毕屏幕显示“Blow”和10s倒计时，在此期间

图1

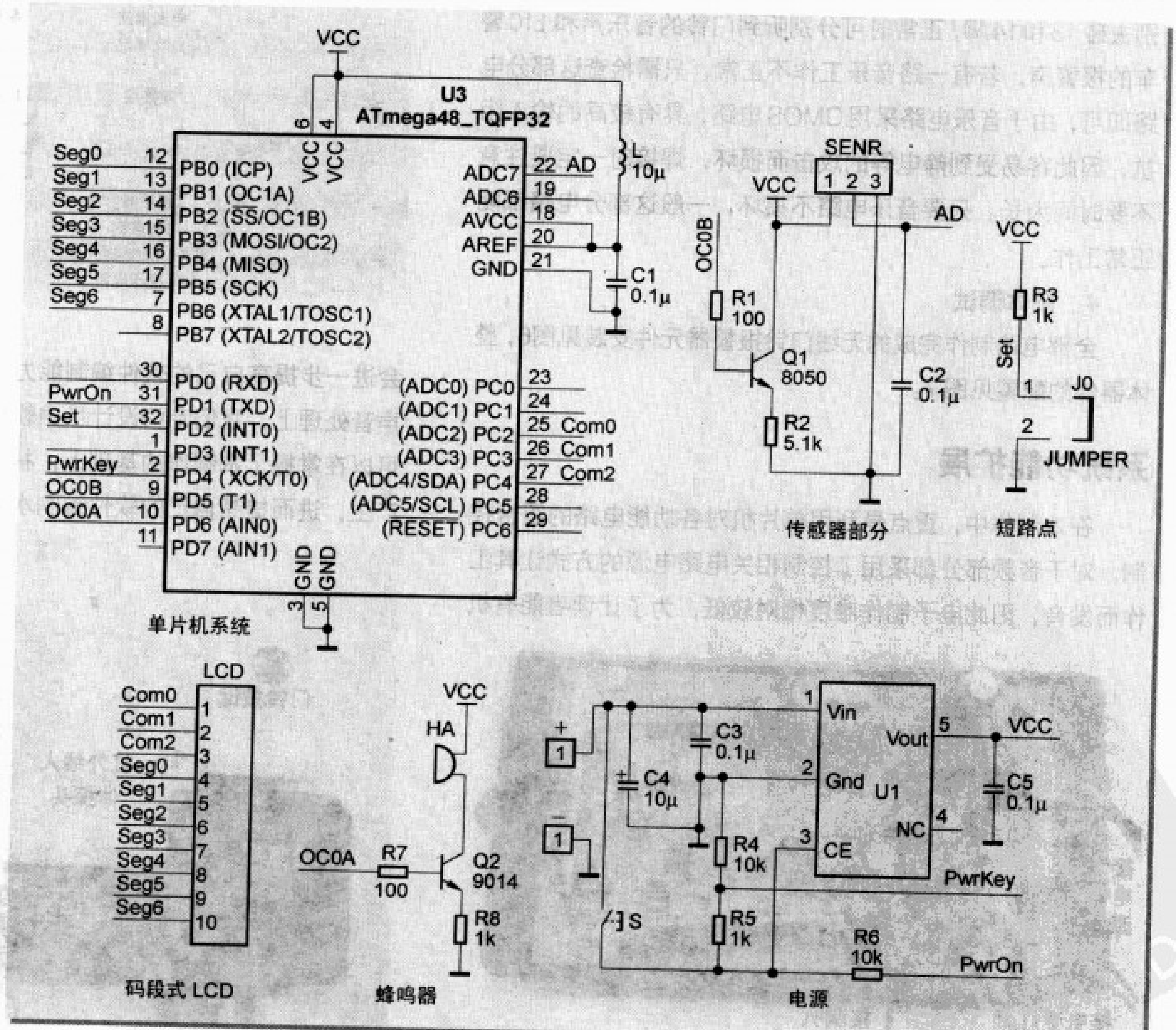


图2

可以进行检测，计时结束转到显示结果状态，屏幕显示“Result”和检测到的酒精浓度最大值，在显示结果期间依然可以检测，直到“OFF”闪烁3次后自动关机，这样就完成了一个测试周期。

二、电路原理和调试制作

酒精检测器的电路原理图见图2，下面分别介绍：

1.微处理器的选择和使用

整个数字酒精检测器包括模数转换(ADC)、数据存储、液晶显示、电源控制等部分，微处理器起着核心的作用。开始考虑选用AT89S51单片机，但是要外扩好多外设，例如ADC、EEPROM等，既增加了设备的复杂性又增加了成本，经过筛选，笔者最后在C51、PIC、AVR等常用8位处理器中选中了AVR的ATmega48V TQFP32封装的低功耗、高性能单片机。它包含丰富的片内外设，比如内部集成8路ADC和256字节的EEPROM，4K字节系统内可编程Flash和512字节片内SRAM等，应用于本系统绰绰有余。

如图2中单片机系统部分所示，相比同类型单片机，由于AVR单片机芯片内部已经集成上电复位电路和RC振荡器，所以外围电路十分简洁，只需考虑电源即可。

同时由于AVR内部Flash支持在线编程(ISP)，因此系统只要预留出MOSI、MISO、SCK、RESET端口就可以随时更新程序。笔者第一次设计制作时，忘了预留烧写端口，导致每次更改程序都要把芯片焊下，非常麻烦，后来想出好办法，在芯片引脚上飞线！虽然烧写方便了，但是因为贴片元件的引脚间距很小，飞线很细也不可能太牢靠，经常脱落，所以现在新设计电路时都吸取教训预留了烧写端口。

2.电源部分

考虑到便携性，电路使用两节AAA电池供电，但是电池电压会随着使用时间的延续而不断降低，这就失去了模数采样部分的电源基准，同时为了节电，可以考虑测量完成后使系统断电。综合以上两点，笔者采用一种带有使能端的低噪声线性稳压芯片ME6219A27M。

电源部分原理图如图2电源部分所示，当开机键S按下时，稳压芯片使能端高电平，电压输出端有稳定的2.7V电压输出，给整个系统供电。单片机开始工作，由于PwrOn接到单片机的PD1口，所以单片机的PD1输出高电平，保持稳压芯片的使能端为高，此时放开S键，稳压芯片也会持续工作。当整个测量动作结束后，单片机的PD1口输出低电平，稳压芯片停止工作，此时整个系统断电。这样，就达到了既稳压又控制的目的。

在此需要说明一下，笔者制作好之后，有时酒精检测器会自己开机，后来发现是不小心接触到了开机键，导致误操作。最后笔者在手机的开机键上得到灵感——延时开机！开机键虽然按下了，单片机开始工作，但不会马上输出保持稳压芯片工作的信号，而是延迟一段时间，在此时间之前如果松开开机按键，设备会马上断电。这样即使误操作碰到开机键时由于不是持续按下，设备就不会开机。延时时间可以自由控制，笔者感觉200ms比较合适。

3.LCD显示部分

考虑到数码管显示的方法耗电量较大，因此笔者选用了LCD液晶显示。使用专门为数字酒精检测器开发的液晶面板，如图3所示，码表由笔者根据编程需要定义好交给液晶生产厂家，仅仅使用11个引脚就可以实现丰富的显示内容。单片机直接驱动液晶的方法和驱动LED数码管差别较大，因为LCD驱动必须使用交流电压驱动才能保持稳定的显示，如果在LCD上加上稳定的直流电压，不但不能正常显示，时间久了还会损坏LCD。一段LCD由COM段和SEG段组成，在COM段和SEG段之间加上合适的交流电压就可以驱动。

笔者在调试的过程中，LCD经常出现所谓的“鬼影”，即显示了不该显示的码段，这是由于占空比太高了，通过调节各段显示时间(PWM)来使显示达到最佳效果。经过反复测试，笔者认为50%占空比比较合适。

4.传感器数据采样

酒精传感器由客户提供，外形如图4所示，此款酒精传感器具有比较好的响应范围和恢复速度。传感器预热和正常工作时的电压不同，预热电压1.2V，工作电压0.8V，笔者使用AVR单片机的PWM实现，定时器的缓冲输出比较寄存器持续地与T/C的值进行比较。波形发生器根据比较结果在OC0A或OC0B 引脚输出PWM信号，因此只要把传感器的电源端接到OC0A 或OC0B即可方便地控制传感器的电压。参考图2传感器部分，通过控制CT端来实现对传感器电压的改变。采样脚对地接一高频磁介电容滤除杂波。

制作时注意，电阻R2最好用1/4W的电阻，因为笔者发现使用1/8W电阻时发热比较严重。

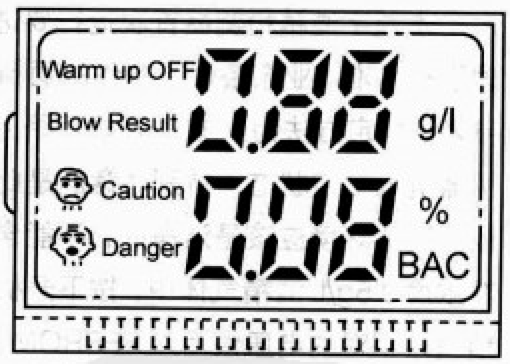


图3

图4 酒精传感器

5.其他外围电路

此款数字酒精检测器当测试到的酒精浓度超标时具有声音报警功能，笔者使用一个交流蜂鸣器实现，见原理图蜂鸣器部分，实现方法和控制传感器的电压方法类似，不再赘述。

由于传感器一致性存在一定的差异，使用前需要标定，因此在单片机的PD2口留了一个短路点，并且把开机键也作为一个标定按键使用，即图2电源部分的PwrKey，具体使用见后文。

6.程序设计

搭建好硬件，就可以编写软件烧写进单片机测试运行啦。此款数字酒精检测器不同于一般的指示灯类型的酒精检测器，它要显示出实际测试到的浓度值，是定量的测量，而指示灯型的属于定性测量，所以数字酒精检测器的核心在程序。

开机加热期间，可以短路前文提到的短路点使设备进入标定状态，此刻可以用标准浓度气体来标定，标定的数据写入EEPROM，即使关机掉电，数据也不会丢失。加热时应使用较高的电压，目的一是让酒精传感器尽快达到工作状态，二是让前次测量时传感器吸附的酒精尽快脱离。

检测和显示结果期间的控制基本相同，传感器两端加比较低的0.8V电压，值得注意的是LCD显示的是测试到酒精的最高浓度，所以每次测量的数据都要和最大值进行比较后再送到LCD显示。

三、制作和使用提示

本数字酒精检测器首次运行要进行标定，否则数据处理没有基准。业余条件下制作的酒精检测器测量结果仅供参考。标定方法为：首次开机短路上文提到的短路点，使机器进入标定状态，特别注意的是此时零点自动写入，所以此时的环境应该是洁净的，不能含酒精。把机器放入标准浓度0.5g/L酒精气体中，按下开机键就可以把此浓度酒精气体相对的电压值写入EEPROM，然后断电关机即可。

笔者参考国家标准，设定酒精浓度大于或等于0.2g/L小于0.8g/L时，LCD上的“Caution”闪烁，蜂鸣器蜂鸣，人们此时驾车属于饮酒驾车，比较危险；当酒精浓度大于或等于0.8g/L时，LCD提示“Danger”，蜂鸣器蜂鸣，警告人们此时饮酒过量，属于醉酒状态，此时如果驾车属醉酒驾车，非常危险。

使用中应注意不要让其他刺激性气味较大的气体接触传感器，因为半导体传感器的广谱效应容易受到其他非待测气体的影响。检测口气中的酒精浓度时不要向传感器用力吹气，因为工作温度过低会导致传感器测量准确度降低。当LCD显示明显变暗时应及时更换电池。

背景知识

酒精传感器简介

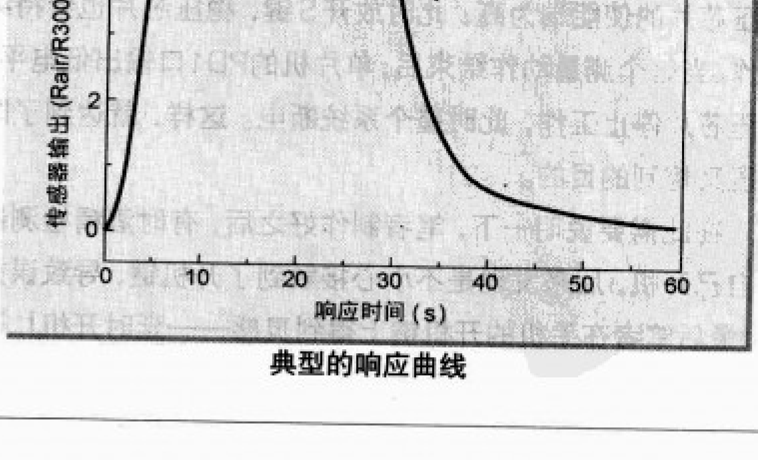
○ 文/徐伟（BH3NVN）

常用的酒精传感器是以二氧化锡为基本敏感材料的，专门用于呼气中酒精浓度检测的一种半导体型气体传感器。首先介绍一下其工作原理，此种传感器由搭载在加热丝上的敏感材料和镶嵌其中的检测电极组成，当温度适当的时候，敏感材料就会对特征气体做出反应，导致检测电极的输出电阻发生变化。

下面笔者就使用过的一款比较不错的传感器具体说明一下。此款传感器是北京易盛泰和科技有限公司生产的SD-31型酒精传感器，主要适用于呼气中酒精浓度的检测，便携式酒精检测装置、汽车点火控制系统等。其外形见本期《一款便携式数字酒精检测器》图4，金属封装的外壳上部带有100目双层金属丝网，能够承受比较大的气流冲击。

在酒精检测器的应用中，此款酒精传感器有着尚佳的表现，市场上的数字型酒精检测器一般都是30s的工作周期，在前一次检测到高浓度酒精的时候，再次开机检测依旧能够保持其检测的灵敏度，这就说明具有比较好的可重复性和响应回复时间。具体是如何实现的呢？这和传感器的工作原理和工作方式有关，其敏感材料在不同的温度下活性不同，即对酒精气体的吸附能力和脱附能力是不同的，当温度比较高的时候，脱附能力比较强，表现出来就是可以把敏感材料表面附着的酒精分子尽快散发出去，而在温度比较低的时候，可以吸附比较多的酒精分子。依照这个特性，在酒精检测器开机预热期间，用比较高的电压给传感器供电，此时，前一次测试吸附的酒精气体会很快散发掉，保证再次测试时候酒精传感器测试基值能够保持一致。当进行到测试阶段，用稍微低一点的电压对传感器供电，使其脱附和吸附能力相当，此时，可以精确的测试出环境中酒精气体的浓度。

此款酒精传感器典型的相应曲线如附图所示，在比较短的时间内有比较平直的响应曲线，应用在酒精检测器上绰绰有余。



典型的响应曲线

单片机系统电路的测试方法

○ 文/周琳凯

单片机爱好者，特别是正处于提高阶段的初学的朋友，在电路的制作及调试过程中常常会出现这样那样的故障，若无人从旁指导，会造成非常大的困惑，甚至打击其继续学习的信心，导致半途而废。其实，除了一些其他原因，很重要的一点就是对设计的制作缺乏一个系统规范的有效的逐步测试的过程，本文将通过实例向大家具体介绍单片机系统电路的一般检测方法，希望可以对一些朋友有所帮助和启发。

单片机电路测试ABC

测试是检测设计方案能否满足设计要求，暴露设计缺陷以便进一步改进的关键环节，可以说是你设计制作中的“灵魂”部分，因为在我们的设计制作过程中，基本上都不是“一蹴而就”的，总会伴随着这样那样的问题，暴露出这样那样的缺陷，这时，你就需要系统地行之有效地解决，那就是对你的作品进行测试，找出缺陷并改善之。注意，这里所讲的测试，并不是说等你将单片机烧好程序，将所有的东西都做完，才进行通电的那个测试，而是贯穿于你设计制作始终的各个步骤的测试。一般来说，整个测试过程可分为3部分：

1.单元模块电路测试；

2.系统总体功能测试；

3.系统稳定性测试。

单元模块电路测试又称模块测试，测试各个子系统部分能否正常实现其应具有的功能；系统总体功能测试又称功能性能测试，用于整个系统的软硬件联合调试（需要编写相应的调试程序），测试系统能否实现其应具有的功能；系统稳定性测试又称拷机测试，测试系统能否长时间稳定运行。完成各单元测试，将所有模块组合在一起，进行总体功能的测试。最后进行稳定性测试，进而记录所得结果，进行分析总结。下面，我们将通过一个实例具体介绍其测试过程。

测试实例

首先简单介绍一下本文作为例子的电路：智能温度检测控制系统。这是一款基于MAX232的计算机串行通信控制系统的设计。该系统是以AT89S52单片机为核心，通过液晶来实时显示当前温度的监测控制系统。主要使用了温度传感器DS18B20、计算机和单片机的串行通信以及大量的软件，实现了计算机和下位单片机的通信，并在两者间构建简单的通信协议，此基础上进行可编程化控制，实现了智能控制的功能。其主要功能为：替代大量繁琐的人工操作，将其转化为电脑终端的智能化操作，以及深入到一些不易人工操作的环境下（如药品存储室、粮库等）完成任务，可方便地利用DS18B20构建测温网络，实现多点监控等。其原理图见图1。

当然，无论是你自己设计的电路，亦或是你参照别人的设计而改进的设计，你都必须对电路的总体功能、单元模块以及所使用的器件的性能等有充分的了解和认识，只有这样你才能在制作过程中穿插着逐步的有效的检测，才不会等到最后出现问题时无从下手。

一、单元模块电路测试

其实，再复杂的电路也是由一个个的单元模块电路组成的，就像堆积木一样，这就是电路设计中所谓的“积木原理”。所以，要想你的总体设计功能得以实现，每一块“积木”都要“完好无损”。也就是说，单元模块电路至关重要，它是你整座大厦的根基，进而对单元模块电路的检测也就显得尤为重要。

对于单片机系统电路，最基本的当然是以单片机为核心的最小系统，然后就是根据所要实现的不同功能在最小系统周围所扩展开来的不同的单元模块电路。所以，对单元模块电路的检测即是检测单元模块是否实现了我们预设的功能，如果没有实现，找出其原因，进行改进。检测方法大同小异，整个电路或许很复杂，但是分解到各个模块上则是比较简单的小电路，借助万用表、示波器、电源等辅助设备可以比较容易的完成测试。当然，前提是你必须对你的电路功能以及你所使用的器件的性能有充分的了解。比如，你的一个模块是用555所做的方波发生电路，你就可以首先通过万用表按照555集成电路工作特性看其是否进入正常工作状态，在此基础上再通过示波器又可以很直观地进行观察是否有方波产

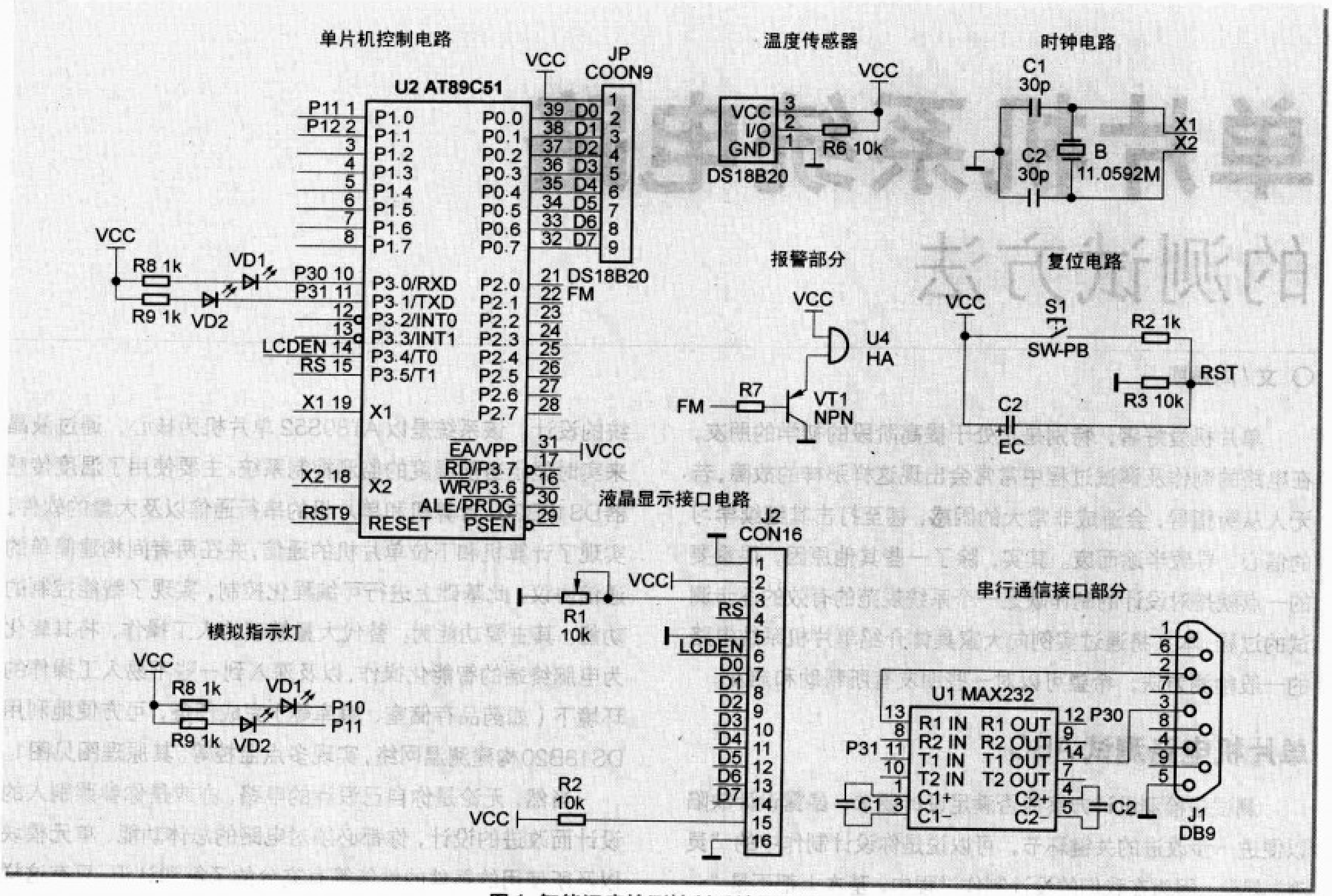


图 1 智能温度检测控制系统原理图

生，产生的方波是否符合要求，如此一步一步地进行检测下去，如果是一些不太熟悉的器件，可以去下载它的PDF资料进行对照检测。以上面提到的温控系统为例，从原理图上可以很清楚地知道它的单元模块有：单片机控制电路、报警电路、串行接口电路、液晶显示电路、温度传感器电路以及模拟指示灯电路。

在进行单元模块检测时可以按照下面的步骤进行：

1.检查电路有无原理性错误，有无断路、短路、虚焊等。

2.检测模块中的核心集成电路（可根据其PDF资料检测），看是否工作正常。

3.进行功能性测试，看此部分单元模块是否实现了应有的功能。

如果你是送至工厂加工的电路板，你可以在电脑上用一些仿真软件进行测试来确保电路的准确无误，这里不做讨论。下面以上述电路中的单片机最小系统为例，电路图如图2所示，只有一个单片机加上晶体和复位电路便完成了，虽然十分简单，但是如果这里出了问题，整个功能的实现便成了空谈。

在焊接完之后，第一步首先检查一下有无原理性错误，有无人为焊接错误，有无短路、断路、虚焊，这些可以通过万用表来完成，确认电路无误后，在通电之前用万用表检测一下电源与地之间是否短路（这一点是电子工作者必须养成的良好习惯）。

确认完之后，接下来要对单片机进行检测，给电路通电，一般来说，正常状态下，单片机的各P口均是高电平，将万用表黑表笔接地（即单片机的20脚）以红表笔逐个去接触单片机的P口，观察高低电平是否符合要求。

第三步便是看其是否能在此基础上完好地工作，实现处理程序的功能，即模块功能，你可以在某个P口上接上一个或者几个发光二极管，编写一段简单的程序来确定最小系统是否工作正常。如让P1.0口接的发光管以间隔200ms闪烁：

```
#include<reg52.h>  //52单片机头文件
#define uint unsigned int    //宏定义
#define uchar unsigned char  //宏定义
sbit led1=P1^0;       //单片机管脚位声明
void delay(uint z)   //延时函数,z的取值为这个
函数的延时ms数，如delay(200);大约延时200ms
{uint x,y;      //delay(500);大约延时500ms
  for(x=z;x>0;x--)
  for(y=110;y>0;y--);
```

```
}
void main()                   // 主函数
{while(1)             // 大循环
  {led1=0;       // 点亮小灯
    delay(200); // 延时200ms
    led1=1;            // 熄灭小灯
    delay(200);
  }
} // 延时200ms
```

如果灯闪烁正常，则说明此部分电路已工作正常，即此部分单元调试完成。其他的单元也按照这样的步骤逐步进行检测，这里不再赘述。

二、系统总体功能测试

系统总体功能测试又称功能性能测试，用于整个系统的软硬件联合调试（需要编写相应的调试程序），测试系统能否实现其应具有的功能。通过对单元模块电路的逐步检测，只能说明单元模块电路已经工作正常，并不能保证软硬件联合起来也工作正常，所以在此，系统总体功能的调试也应十分细心，稍有不慎甚至有可能造成“毁灭性”后果，让你功亏一篑。大体原则为：

1.确保各模块电路均正常后，将电路集合起来，连接成整体。

2.通电前先通过万用表检测整个电路是否短、断路。

3.一切正常后，依然仿效“积木原理”，将某几个联系较紧密的模块先进行联合调试，逐步调试进而包括全部模块。或者依据你的设计功能或者其他一些主线对电路进行“线索式”串联测试，看是否实现了预定功能。

4.针对功能实现的实际效果，分析一些小缺陷的原因，并进行改进，甚至看是否可以通过一些措施对整体电路的性能进行全面的提升和改善。

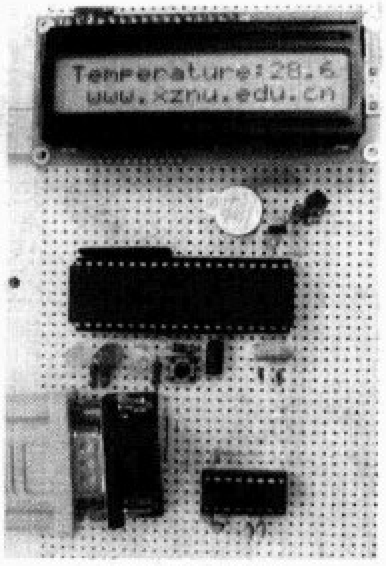


图3 作品实物

以上述电路为例，在各个模块均调试正常后，将电路进行组合，这时，就可以根据笔者的设计目标功能进行验证调试。首先用万用表进行测试，看是否有电路上的错误。若无误，则通电按照预设功能逐步检查，以下是部分结果验证数据。图3是作品的实物照片。

1.温度值实时显示功能

按照笔者的预设功能，上电开机时，液晶第一行应显示“temperature:**.*”，第二行显示“www.xznu.edu.cn”，且温度可实时更新显示。以手握住温度传感器，可清楚地看到温度值在跳动，如图4所示，其中“28.6”为当前温度值。

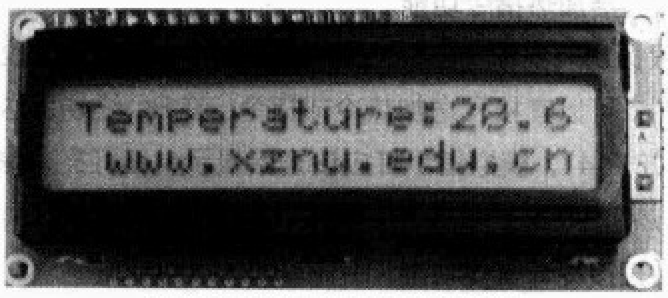


图4 温度实时显示功能的实现

如果这里温度不能实时更新或者显示不稳定等，就要进一步进行排查，例如温度值不能更新，只显示开机时的度数，你就应该思考既然有温度可以显示出来，说明传感器工作正常，既然能显示出来且其他字符也显示正常，问题多半也不是出在液晶显示器上，那么问题就多半在程序上了，再进一步的去调试排查，排除故障。

2.超出温度范围报警功能

超出我预设的温度范围时要能够实现报警功能，即蜂鸣器响，同时液晶显示指定内容，加热温度传感器使其超过上限(预设40℃)时，应该报警(指示灯闪烁，

图5 报警时的显示

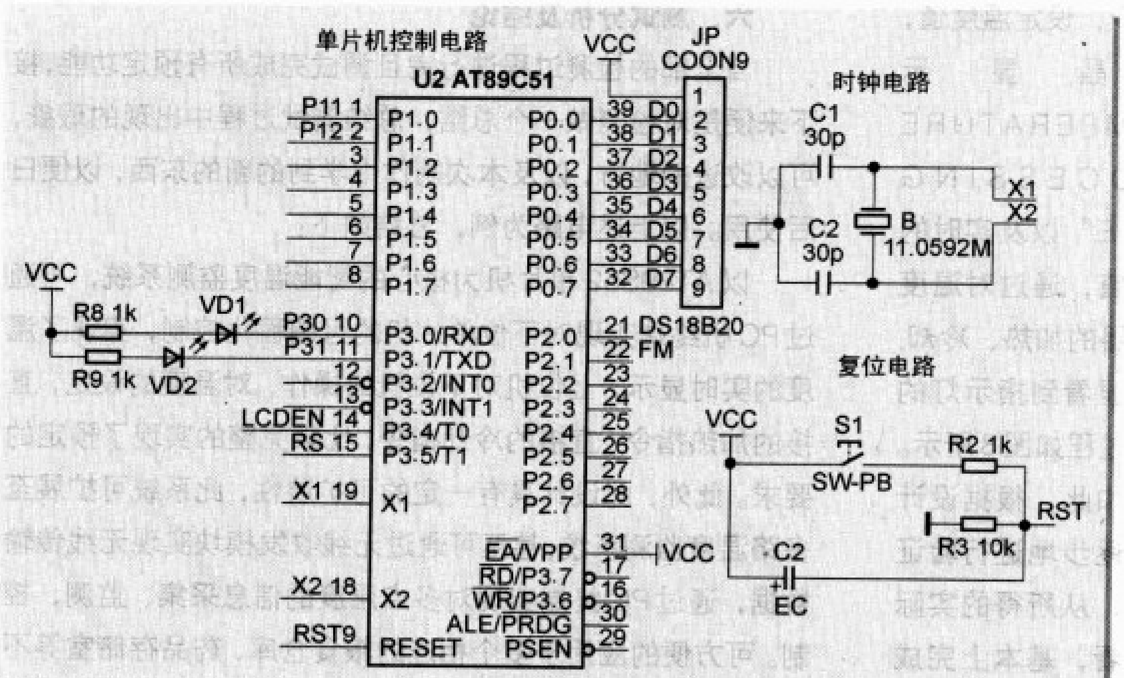


图2 单片机最小系统

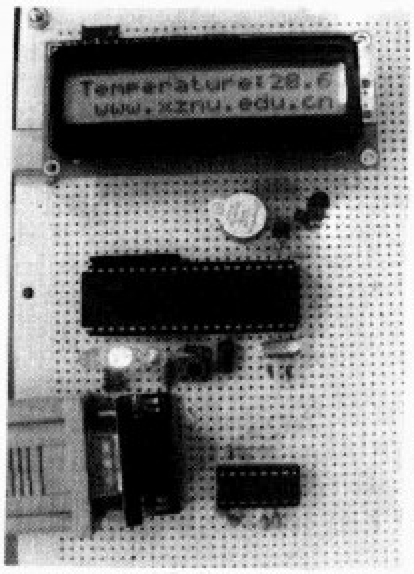


图6 加热时红灯亮，绿灯灭

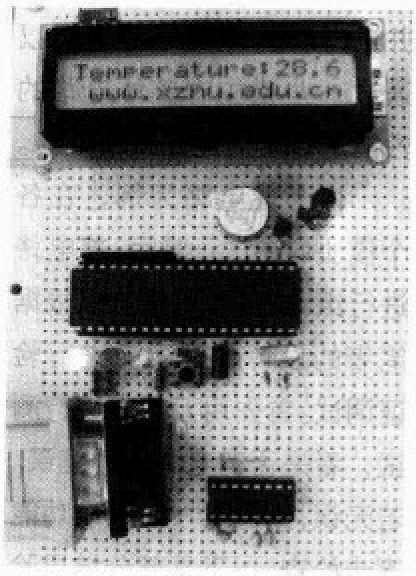


图7 冷却时绿灯亮，红灯灭

蜂鸣器各响5次),液晶第一行显示“DS18B20_ERROR”,第二行显示“OUT OF CONTROL”，终止一切操作，如图5所示。

这时再向其发送指令便不被接受了。报警功能实现。

3.直接加热指令功能

根据功能要求，该设计要能够通过PC机对温度现场进行控制，可以直接发送加热冷却指令，在PC终端发送加热指令“0X14”，模拟指示灯应该开始显示，红灯亮，绿灯灭（表加热），液晶显示实时温度值，效果如图6所示。

4.直接冷却指令功能

根据功能要求，该设计要能够通过PC机对温度现场进行控制，可以直接发送加热冷却指令，在PC终端发送冷却指令“0X28”，模拟指示灯开始显示，绿灯亮，红灯灭（表冷却），液晶显示实时温度，效果如图7所示。

5.设定指定温度值功能

根据功能设定，该设计要可以轻易地通过PC终端对温度现场进行指定温度的设定，使温度现场达到某一温度，按照双方设定的通信协议，向单片机发送指令，设定温度值，液晶显示“TEMPERATURE PROCESSING MODE”以及实时的温度值，通过对温度传感器的加热、冷却，可明显看到指示灯的工作过程如图8所示。

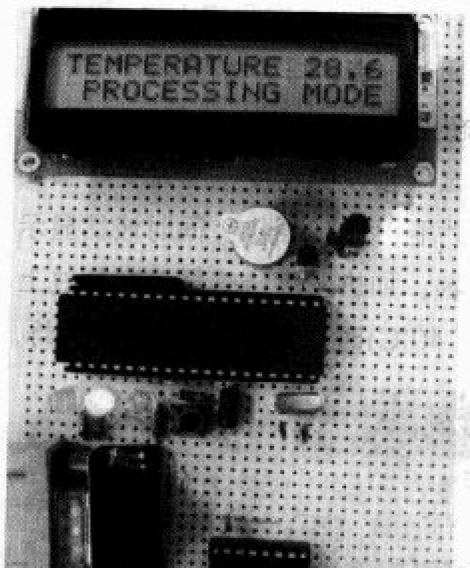


图8 指示灯的工作过程

如此，根据设计功能逐步地进行验证调试，从所得的实际效果看，基本上完成了预定的功能。当然，本文所举的例子，硬件电路非常的简单，容易出错的地方不多，调试比较容易，大部分工作在于软件的调试。总之，在电路的测试过程中要多思考，多去发现问题，多去解决问题，即使是很小的瑕疵，也要认真地去思考，为什么会有这样的瑕疵？怎样才能改进？只有这样你的心得才可以不断积累，你的设计制作水平才会不断地提高。

五、系统稳定性测试

系统稳定性测试又称拷机测试，测试系统能否长时间稳定运行。完成各单元测试，将所有模块组合在一起，进行总体功能的测试。最后进行稳定性测试，进而记录所得结果，进行分析总结。

此步在我们平时的一些电子制作中并不被重视，认为如果我的作品通电工作正常了即大功告成了。其实不然，比如你做了个功放，一切正常，效果也很完美，但是工作数分钟之后，功放块便“炙手可热”，那么你就要考虑，是散热工作没做好还是电路设计上出了问题？要投放市场或者要实际应用的设计必须经过严格的工业级别的系统稳定性测试。虽然业余的制作并不一定要那么严格，但并不表示不需要。

我们平时的稳定性检测可按如下的方面进行：

从表面现象观察判断：检测过程中应密切关注着电路有无异常现象发生，比如器件出现异常升温。

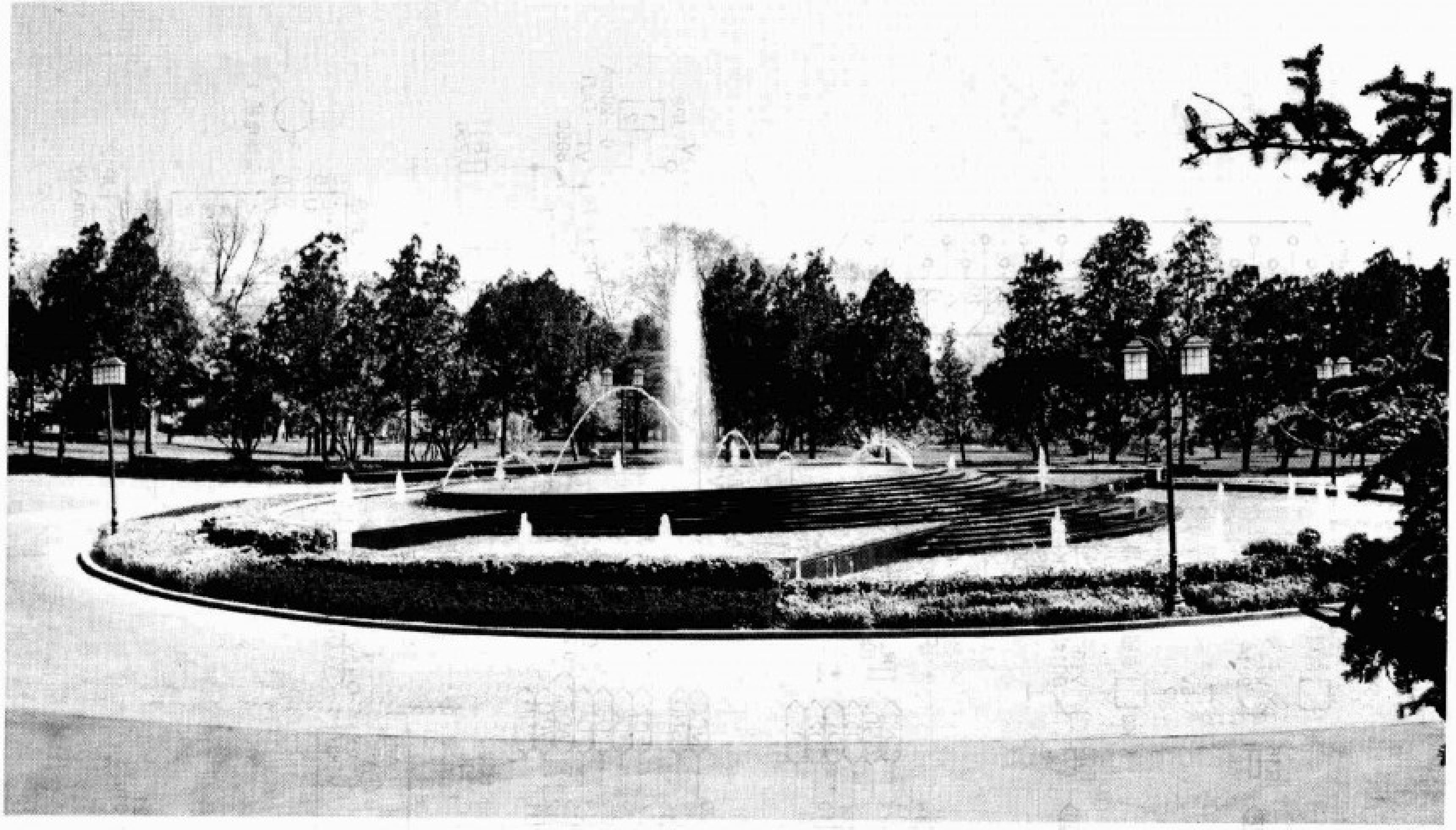
检测其工作电流或者工作电压：在电路中串入电流表或者在主要芯片上设定某些电压参考点，接上电压表、也可以通过示波器对其进行检测，接好后通上电源，开始时记录一下数据，经过半小时左右再记录一下数据，再经过一小时左右进行一次数据记录，如果一切正常，基本上就完成了稳定性测试。

另外，若用到某些特殊器件的可能需要其他一些特殊的检测手段，可根据具体需要进行，这里就不再详细叙述。

六、测试分析及结论

当全部的检测过程进行完且调试完成所有预定功能，接下来便是对检测做一个总结，总结测试过程中出现的瑕疵，可以改进的地方，以及本次制作中学到的新的东西，以便日后使用。以上述电路为例，总结如下：

以AT89S52单片机为核心的智能温度监测系统，可通过PC机终端实现对下位单片机的可编程化控制，实现了温度的实时显示，上位机对下位机的操作，对温度的设定，直接的加热指令，直接的冷却指令，比较完整的实现了预定的要求。此外，此设计具有一定的可扩展性，此系统可扩展至多路温度监测系统，甚至可通过无线收发模块实现无线传输数据，通过PC终端实现对多点温度的信息采集、监测、控制。可方便的应用于多个相连的粮食仓库、药品存储室等不方便人工操作的环境。



音乐喷泉里的学问

○ 文/乔晋兴

现在，城市广场上的喷泉花样越来越多，像日本有“会跳舞的喷泉”，美国有“华尔兹舞喷泉”，在彩色灯光的照射下，水花能随着音乐的旋律翩翩起舞，喷出1～15 m高的水柱，还能表演格什温的《蓝色狂想曲》、柴科夫斯基的《悲怆交响曲》、佩潘和阿乐纳德合作的《水上芭蕾舞曲》等多个精彩节目。随着音乐的变化，水柱有时轻歌曼舞，有时又挺拔高耸，在绚丽多彩的水柱间还配有鲜艳夺目的火花。

这些喷泉要求设备具备几十个开关点接口控制和大容量存储器存储音乐数据，并可以经常更新音乐曲目。传统的实现方法是选用可编程控制器PLC，PLC的几十个接点控制喷泉管道开关依一定时序起停，呈现出流水式的喷泉花样。还要选用单片机与存储器、采集器AD、模拟输出DA组成的电子电路控制方案，采集存储音乐数据并能经常更新音乐曲目，输出电压或电流信号控制变频器，使得变频水泵压力随着乐曲音量的高低变化，水花就能随着音乐的旋律翩翩起舞。数十个起舞的花样喷泉与流水式的花样喷泉组合装点了美丽的城市广场。

采用PLC控制方案材料成本和开发费用都相当高，而普通单片机I/O接口控制点很少（如51系列最多32个I/O接口）、内置的存储器容量太小（一般就1~4KB的数据存储容量），要实现本方案必须外加存储器，这会使电路成本加大、结构复杂。而uPSD3200系列单片机集8032标准结构内核和大容量存储器于一体，材料成本便宜（一片价格30~40元），50~60个接口能够满足音乐花样喷泉的设计要求。本文向大家介绍一种基于uPSD3200单片机的音乐喷泉设计电路，并结合本文综合介绍uPSD3200单片机的接口资源和编程下载软件PSDsoft Exptess的开发应用。

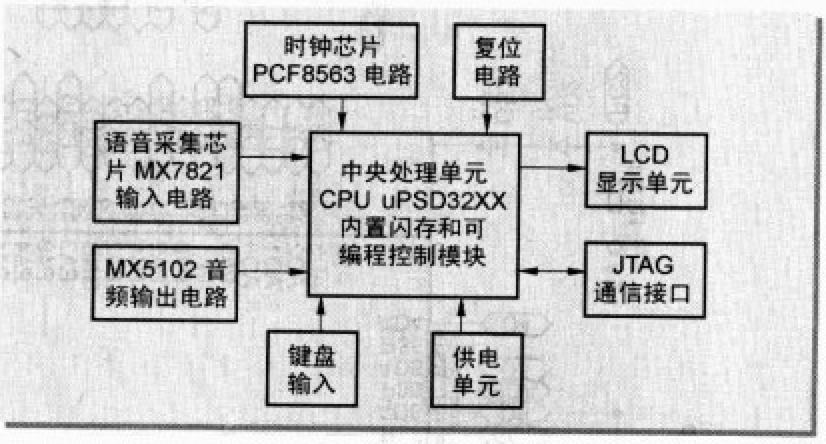


图1 原理方框图

硬件工作原理

系统原理方框图见图1，电路原理图见图2，电路印制

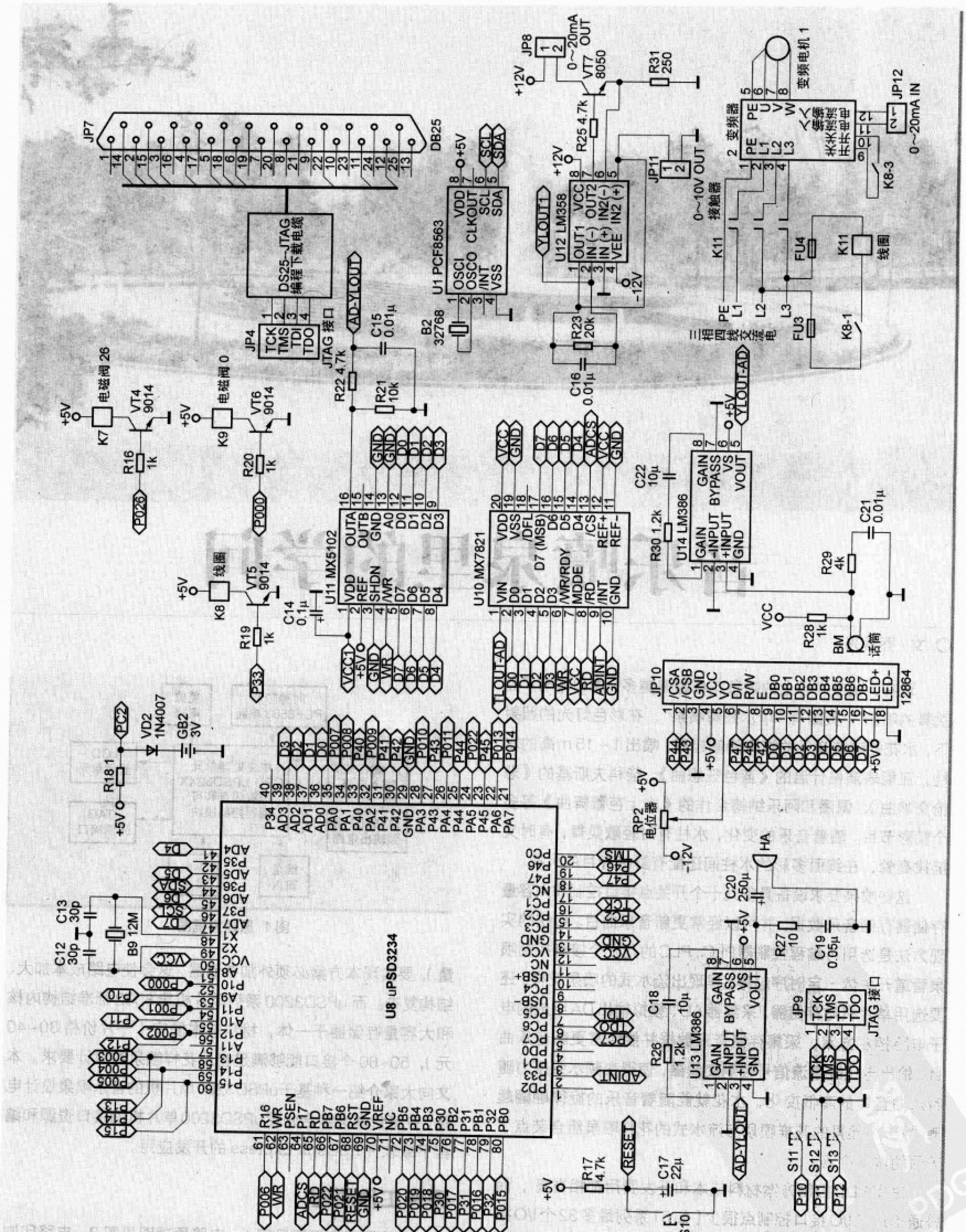

JP7
DB25
DS25~JTAG
编程下载电缆
JP4
TCK
TMS
TDI
TDO
JTAG 接口
AD-YLOUT
C15 0.01μ
R22 4.7k
R21 10k
U1 PCF8563
OSCI
OSCO
/INT
VSS
VDD
CLKOUT
SCL
SDA
B2 32768
SCL
SDA
JP8
0~20mA OUT
VT7 8050
R31 250
R25 4.7k
U12 LM358
OUT1
IN(-)
IN(+)
VEE
VCC
OUT2
IN2(-)
IN2(+)
YLOUT1
JP11
0~10V OUT
R23 20k
C16 0.01μ
变频器
变频电机 1
JP12
0~20mA IN
K8-3
接触器
K11
线圈
FU4
FU3
K8-1
三相四线交流电
PE
L1
L2
L3
YLOUT-AD
K7
电磁阀 26
VT4 9014
R16 1k
P026
K9
电磁阀 0
VT6 9014
R20 1k
P000
K8
线圈
VT5 9014
R19 1k
P33
U11 MX5102
VDD
REF
SHDN
/WR
OUTA
OUTB
GND
A0
C14 0.1μ
VCC1
U10 MX7821
VIN
/WR/RDY
MDDE
/RD
/INT
GND
VDD
VSS
/DFL
D7 (MSB)
/CS
REF+
REF-
ADCS
ADINT
TLOUT-AD
U14 LM386
GAIN
-INPUT
+INPUT
GND
BYPASS
VS
VOUT
C22 10μ
R30 1.2k
R29 4k
C21 0.01μ
R28 1k
BM
话筒
JP10
12864
/CSA
/CSB
VO
D/I
R/W
E
LED+
LED-
VD2 1N4007
GB2 3V
PC2
R18 1
U8 uPSD3234
C13 30p
C12 30p
B9 12M
RP2
电位器
C20 250μ
HA
R27 10
C19 0.05μ
U13 LM386
C18 10μ
R26 1.2k
JP9
JTAG 接口
S11
S12
S13
P10
P11
P12
RESET
R17 4.7k
C17 22μ
S10

图 2 电路原理图

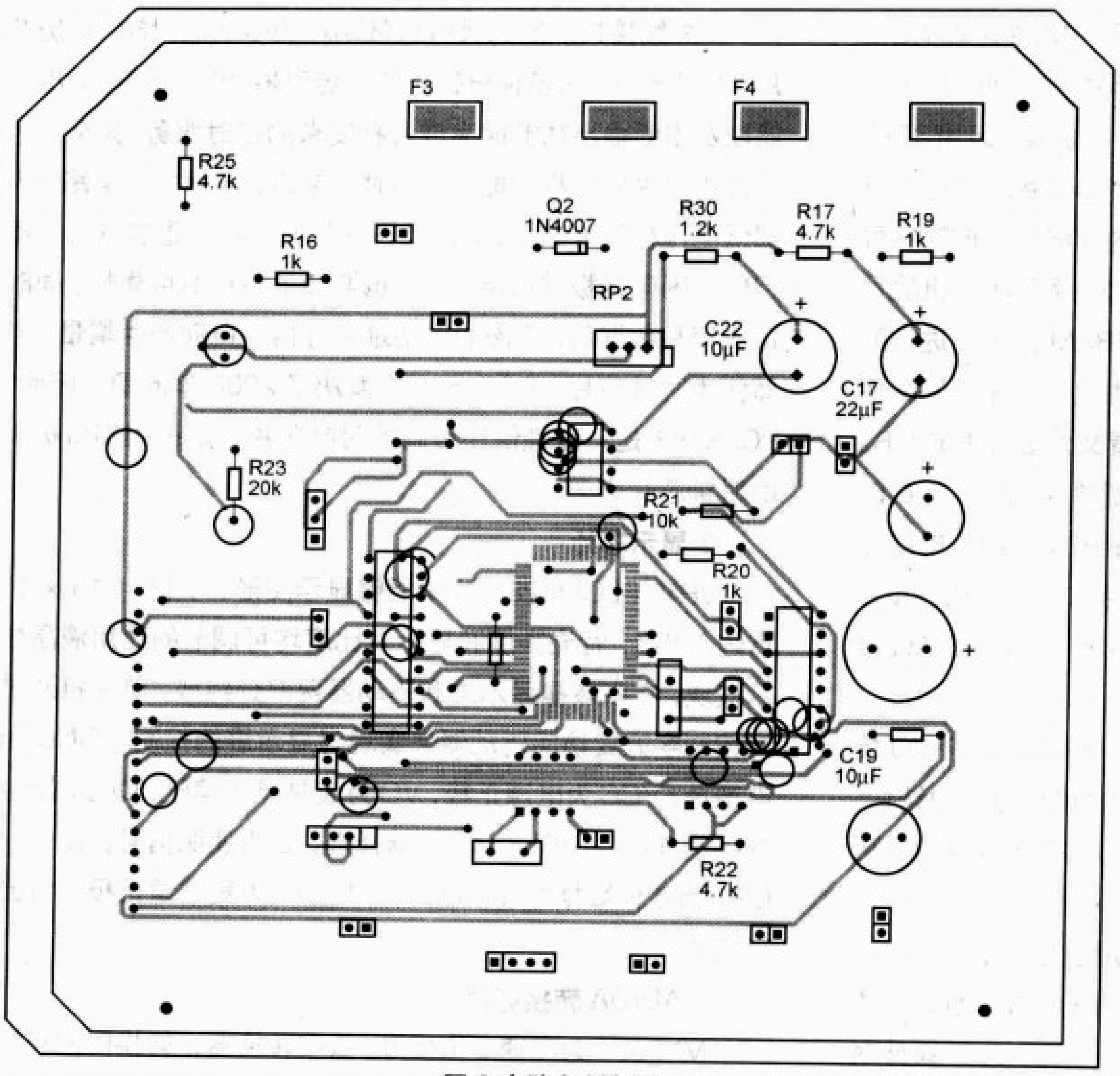


图3 电路印制版图

版图如图3所示。

变频器控制水柱的水泵压力强弱，使水柱随乐曲舞动。I/O端口控制水柱的开启，使水柱呈流水般此起彼伏地舞动。这两项功能结合在一起呈现美丽的景色。由U10 MX7821连接的话筒录音电路采集乐曲输入信号，U14 LM386电路输入前置放大的乐曲信号，在CPU uPSD3234的控制下完成模拟乐曲到数据的AD转换，结果保存在uPSD3234的主FLASH存储器单元中。然后由DA转换器U11 MX5102输出模拟乐曲数据至U13 LM386电路输出乐曲音频信号，由扬声器播放音频信号，并输出至运算放大器U12 LM358，LM358电路将输出给变频器控制所需的标准0~20mA电流环控制信号和0~10V的电压控制信号，输出到uPSD3234定义的P33控制电磁阀，控制喷泉水柱的水泵压力强弱使水柱高低舞动变化。同时，由UPSD3234定义的P000~P026开关将输出喷泉水柱的控制电磁阀开关信号（本例中46个I/O接口至此只有27个I/O接口可用），这些水柱在单片机uPSD3234的控制下将输出流水灯信号，使得水柱呈现轻歌曼舞和挺拔高耸等变化。极少的按键S11、S12、S13，配合JP10 LCM12864液晶屏显示让人机交互界面更为简单，通过按键可以将水柱喷泉区分为乐曲型、流水型和乐曲流水的组合型形式。

1.主控CPU单片机单元

U8 uPSD3234单片机采用ST意法半导体公司生产的uPSD3200系列单片机，uPSD3200系列单片机由两个模块的功能模块组成：MCU模块和PSD模块。MCU模块除了8032标准结构，还增加有I2C、4路8位ADC、5路PWM、DDC、双UART、USB、WDG等片内外部设备。PSD模块中含两块Flash存储器（主和辅助）、一块SRAM存储器、可编程地址译码逻辑（DPLD）、含有24个输入宏单元和16个输出宏单元的CPLD、增加的A、B、C、D四个I/O端口。组成一款功能强大的8051片上系统（SOC）。嵌入使8032又增加了以下资源和功能：

● 主／辅助两块Flash存储器：

PSD模块中含有Flash存储器。其中一块叫主Flash（Main Flash），其容量大小随芯片型号而异，有64K、128K或256K字节3种（见uPSD3200系列单片机参数手册）。Flash存储器可以分为4个或8个大小相等的页面，用户可以通过DPLD为每个页面指定地址。Flash存储器既可用做程序空间，也可用做XDATA数据空间。

另一块叫辅助Flash（Second Flash），其大小也随芯片型号而异，有16K和32K字节两种（见uPSD3200系列单片机参数手册）。辅助Flash可以分为2个或4个大小相等的页面，地址范围可以任意指定。辅助Flash存储器同样既可用于程序空间，也可用于XDATA数据空间。

主/辅助两块Flash存储器，可在其中任一块运行的同时，对另一块进行擦/写操作，所以可用来执行IAP（在应用编程）实现远程程序更新。

● 可电池后备的SRAM。根据芯片型号不同，片内SRAM有2K、8K和32K等3种地址范围可以任意指定。SRAM既可以用做XDATA数据空间，也可用于程序空间。

uPSD3234的SRAM具有电池后备供电功能，如提供后备电池，可在掉电时不丢失数据。

● 扩充了4个PSD I/O端口。

● 可编程地址译码逻辑（DPLD）。

● 复杂可编程逻辑（CPLD）。

● 可编程电源管理单元（PMU）。

● 标准JTAG编程口。

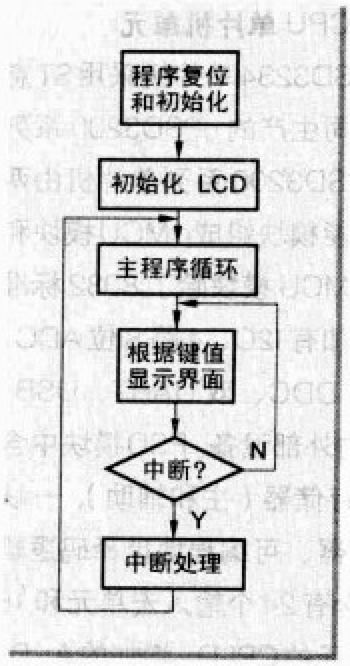


图 4 主程序流程图

uPSD3234 软件可在 KEIL 51 集成开发环境 μVision2 中进行设计、编译和仿真，运用ST公司的 PSDsoft Express 软件进行编程下载和内部配置。该软件可以对uPSD32XX系列单片机的片内FLASH、SRAM和PLD进行配置，将编译生成的程序代码文件(.HEX)和配置文件融合生成.OBJ文件，下载到单片机中。下载时还需使用 FlashLINK 编程电缆连接PC的标准并口JP7 DB25和单片机 uPSD3234 的 JP4 JTAG 接口。

电路中采用 uPSD3234 就因为它拥有多达 46 个 I/O 接口和大容量Flash存储器，大大简化了硬件设计电路的结构，并能够减少电路板布线和布线带来的干扰，使得程序运行更快、更稳定。

uPSD3234 的第二 FLASH 存储器用于存放系统的控制程序，256KB 的主 FLASH 存储器全部用于存放系统数据主要是音乐信号数据。应用 PSDsoft Express 软件对 uPSD3234 单片机的片内FLASH 存储器、SRAM、PLD进行配置将在后面图例介绍。

2.日历时钟芯片

U1（PCF8563）是 PHILIPS 公司推出的一款工业级内含 I²C 总线接口功能的具有极低功耗的多功能时钟/日历芯片。PCF8563 的多种报警功能、定时器功能、时钟输出功能以及中断输出功能能完成各种复杂的定时服务，甚至可为单片机提供看门狗功能。内部时钟电路、内部振荡电路、内部低电压检测电路 1.0V 以及两线制 I²C 总线通信方式，不但使外围电路极其简洁，而且也增加了芯片的可靠性。同时每次读写数据后，内嵌的字地址寄存器会自动产生增量。当然作为时钟芯片，PCF8563 亦解决了 2000 年问题。因而，PCF8563 是一款性价比极高的时钟芯片，是占用端口极少的时钟芯片之一。

3.显示芯片

JP10（LCM12864）是能够显示图形、字符、（16 × 16 点阵）汉字，背光亮度和显示对比度均可调节的通用液晶显示模块，它由液晶显示屏和驱动器两部分组成，单片机通过写控制字方式访问驱动器来实现对显示屏的控制。GND 为电源地，VCC 为电源正极，VO 为液晶显示偏压，D/I 为指令/数据选择端，R/W 为读/写选择端，E 为使能信号，DB0 ~ DB7 为 8 位数据总线，LED+、LED- 为背光源正极、背光源负极。

4.AD/DA 转换芯片

MX7821 为高速 8 位模拟/数字转换器，转换时间可达 660ns。MX5102 为 8 位并行输入，电压输出数字/模拟转换器，单电源供电，输出建立时间可达 6 μs。

软件设计

采用模块化设计，包含了看门狗和抗干扰设计，由主程序、定时中断处理程序组成。流程图见图 4、图 5、图 6。参考设计程序见本期配刊光盘。

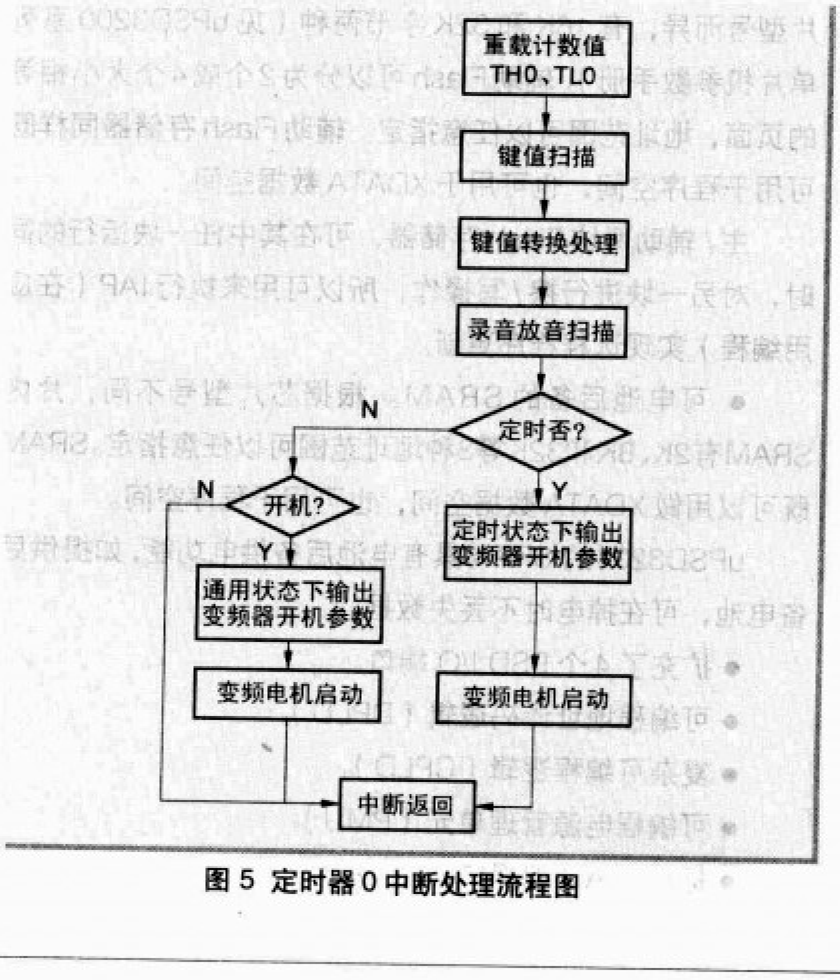


图 5 定时器 0 中断处理流程图

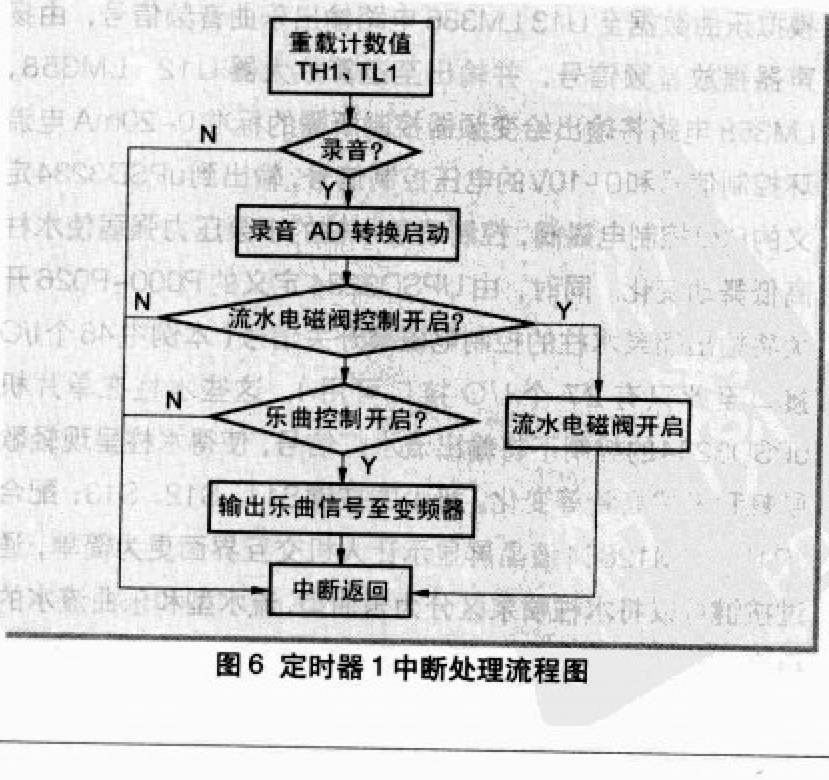


图 6 定时器 1 中断处理流程图

自制单片机控制
智能房间系统

○ 文/苏锡锋

随着经济的发展与人民生活的提高，人们对防盗、防火、保安及居室的自动化设备的需求量大为增加，为了满足用户需求，作者用单片机控制系统研制成一种功能先进、实用、成本低廉的智能防盗防火报警器，而且非常容易制作。图1是制作好的控制器，通电后系统进行初始化，见图2。图3、图4分别为光线过暗和发生火警时的工作状态。

现将设计过程与电路图说明如下，供读者参考与制作。

硬件电路原理

硬件电路设计根据控制系统的功能要求设计功能模块框图见图5，将控制系统硬件电路分为九大功能模块：单片机芯片模块、液晶显示模块、火灾传感器信号模块、亮度传感器信号模块、防盗传感器信号模块、火灾控制信号输出模块、窗帘控制信号输出模块、照明控制信号输出模块、防盗报警信号输出模块。首先应对各功能模块进行元器件选择与外围电路设计，然后组合设计成完整的控制器电路。

1.单片机芯片模块

根据对单片机芯片的功能要求经市场调查采用功能强，

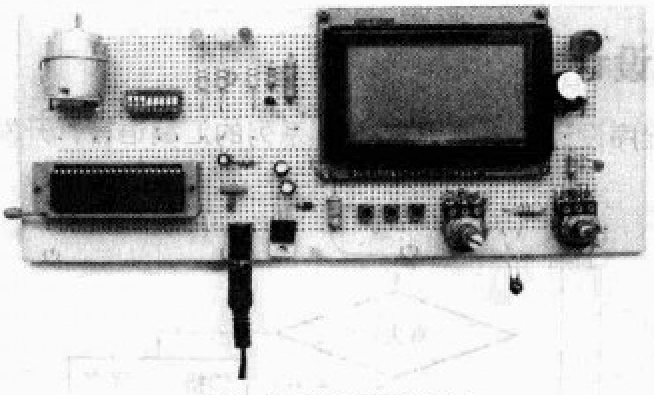


图1 制作好的控制器

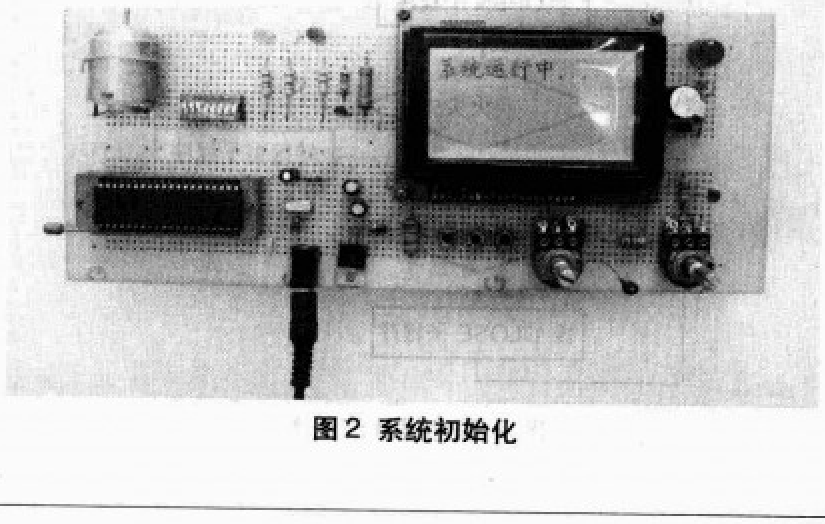


图2 系统初始化

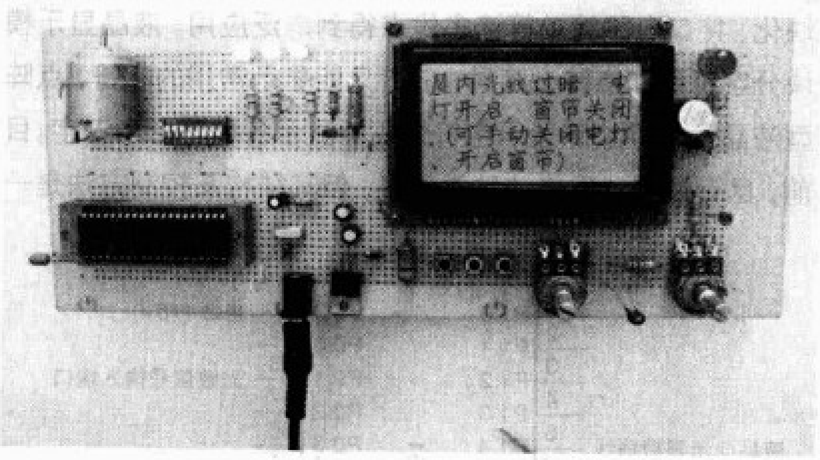


图3 光线过暗

图4 火警

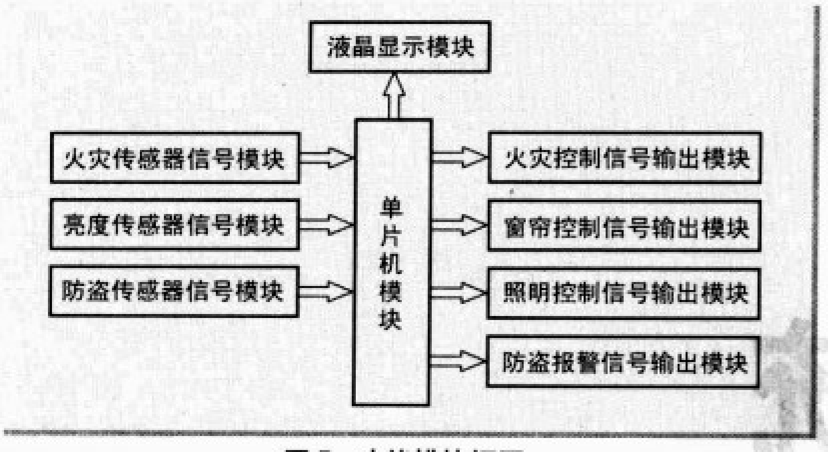


图5 功能模块框图

性能价格比高且内部有8K可重复编程存储器的单片机芯片AT89S52。当单片机芯片选定后进行单片机模块的设计，其设计内容主要是工作频率即晶振频率、电源电压的确定、I/O 口及内部资源的分配。

AT89S52 单片机芯片 I/O 口及内部资源的分配：

P1 为液晶显示数据线，P3.0 为报警灯控制端，P3.1 为蜂鸣器控制端，P3.3～P3.5 为室内电灯控制端，P0.1 为光敏信号输入端，P2.7 为热敏信号输入端，P2.6 为报警电路复位开关，P2.5 为系统入口开关，P2.4 为液晶显示器E端，P2.3为液晶显示器R/W端，P2.2～P2.3为液晶显示器片选，P2.0 为液晶显示 RS 端。

2.液晶显示模块

液晶显示模块以其微功耗、体积小、显示内容丰富、模块化、接口电路简单等诸多优点得到广泛应用。液晶显示模块分字符型和点阵型两种，前者只能显示常用的字符，点阵型液晶显示模块除显示字符外还能显示各种图形和汉字。目前，尽管液晶显示模块种类繁多，但其结构及控制方法是一

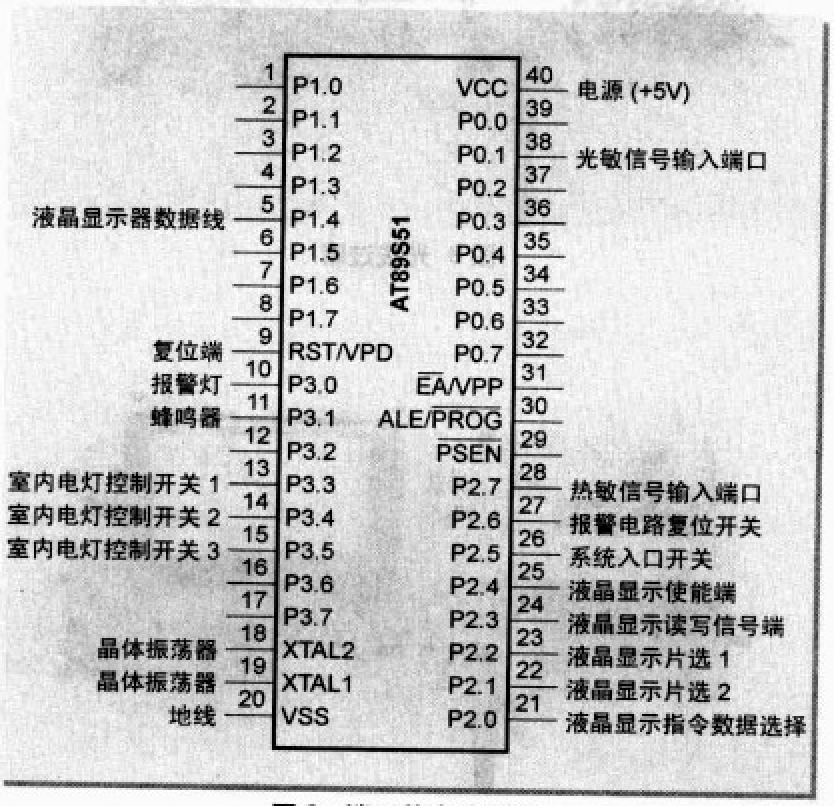


图6 端口状态分配图

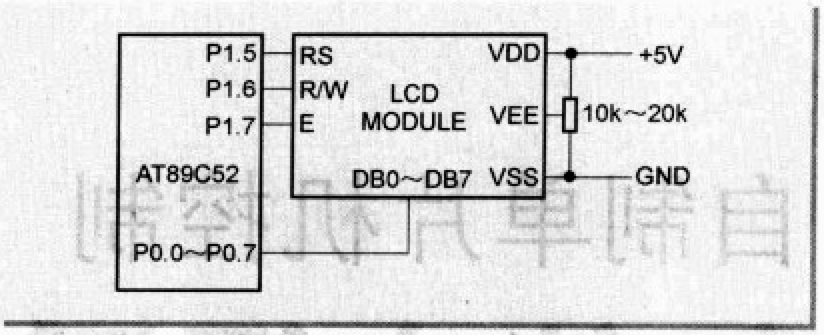


图7 液晶与单片机接口图

样的，本系统以常用的 128 × 64 液晶显示模块为液晶显示器件。设计工作要完成与 51 系列单片机的接口电路设计及显示字符的数据表。

液晶显示模块可以和单片机 AT89S52 直接接口，电路如图 7 所示。

外围元器件选择

元件选择方面，电源选用 12V、1A 的稳压电源。时钟电路选用 12MHz 晶体。对于光电转换模块，选用 20K 的变化范围较大的光敏电阻及与其相适应的转换电阻。对于热电转换模块，选用50K的变化范围较大且耐高温的热敏电阻及与其相适应的转换电阻。驱动电路选用 NPN 式三极管做为放大电路器件。指示输出选用各色发光二极管、微型电动机和蜂鸣器等。汉字显示选用长沙太阳人公司出产的 SMG12864A 图形点阵式显示模块。

硬件电路整机电路图如图 8 所示。

程序设计

程序设计主要使用 80C51 系列的汇编语言，开发工具

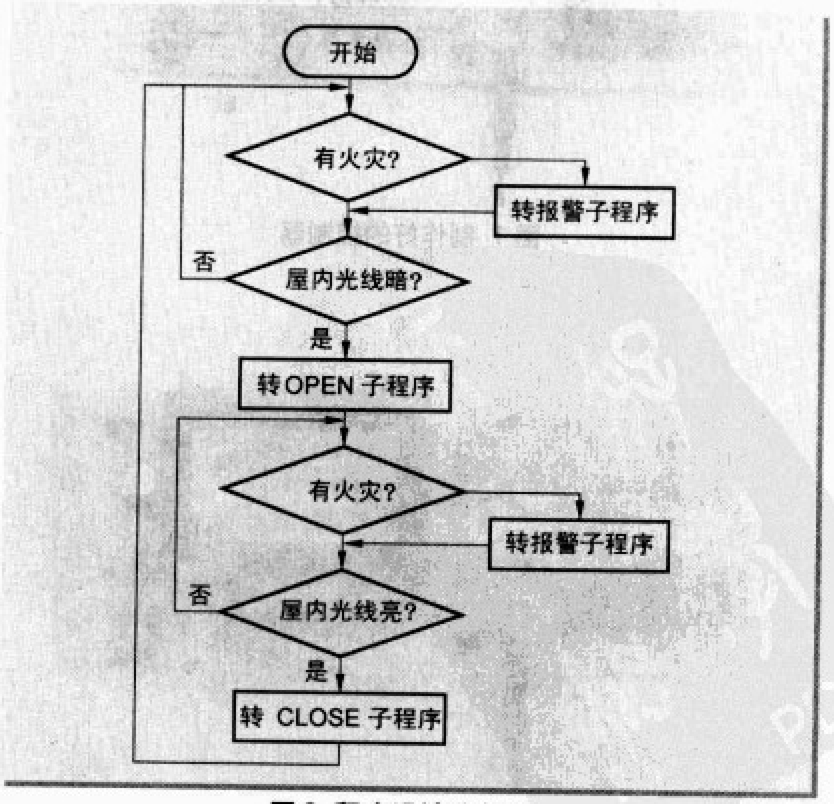


图9 程序设计流程图

简单易制的“击缶倒计时牌”读者反馈

○ 文 / 编辑部

本刊第11期《精彩纷呈的仿奥运会开幕式击缶倒计时牌》一文和免费赠送LED点阵显示屏驱动IC的消息刊登后，读者反响热烈，纷纷发来电子邮件申请该电路的驱动IC，这里刊登部分读者的来信：

我是一名《无线电》的读者，阅读《无线电》已经有两年的时间，以前学习电子技术很少有机会接触单片机，现在已经学习了一段时间单片机。对单片机有了一定了认识！

在第11期的《无线电》中，当我读到“免费赠送LED点阵显示屏驱动IC”这一好消息的时候，我非常高兴。北京奥运会开幕式的那一幕好像又从眼前闪过，我渴望能够亲手制作这样的一个电子作品，一方面是为更好地学习单片机、学习电子技术，一方面也是想作一个奥运会的纪念品。我真的渴望能够有这样的一块IC，希望《无线电》能够让我这一愿望实现！谢谢！ （广东 杨小虎）

2008年北京奥运会开幕式我由衷地感到自豪。看到《无线电》杂志社的这个馈赠，正好可以利用这个IC及其他的功能展示给我的学生，使他们也一起感受科技奥运的魅力。

一旦我得到此IC，我计划组织学生将此IC尽快组装成相应的电路，激发学生学习和动手的积极性。请《无线电》杂志社能满足我和我的学生的心愿。 （湖南 李铭华）

我现在是一名大四的学生，自从上学期学习了单片机的课程，就对硬件方面很感兴趣。在学校的图书馆阅览室里意外发现了《无线电》这本杂志，读得我真是爱不释手。从那一刻起，我决定以后的每一期《无线电》都要买一本，至今我已拥有了8期，我又买了2006、2007年的合订本，也算是一份有价值的藏品吧。

看了第11期的杂志，我想申请一下本期的LED点阵显示屏驱动IC，也想自己动手做一个奥运的击缶，在同学面前也可炫耀一下，呵呵。无论申请成功与否，我始终是《无线电》的忠实读者。

（辽宁 邓关宇）

朋友明年3月份结婚，我想用这块芯片做一个大一些的倒计时牌，增加一下现场气氛，效果肯定不错。 （山东 周虎）

感谢读者对此次活动的支持，欢迎更多的读者参与这次活动，注意活动的截止日期为12月31日，不要错过哦！

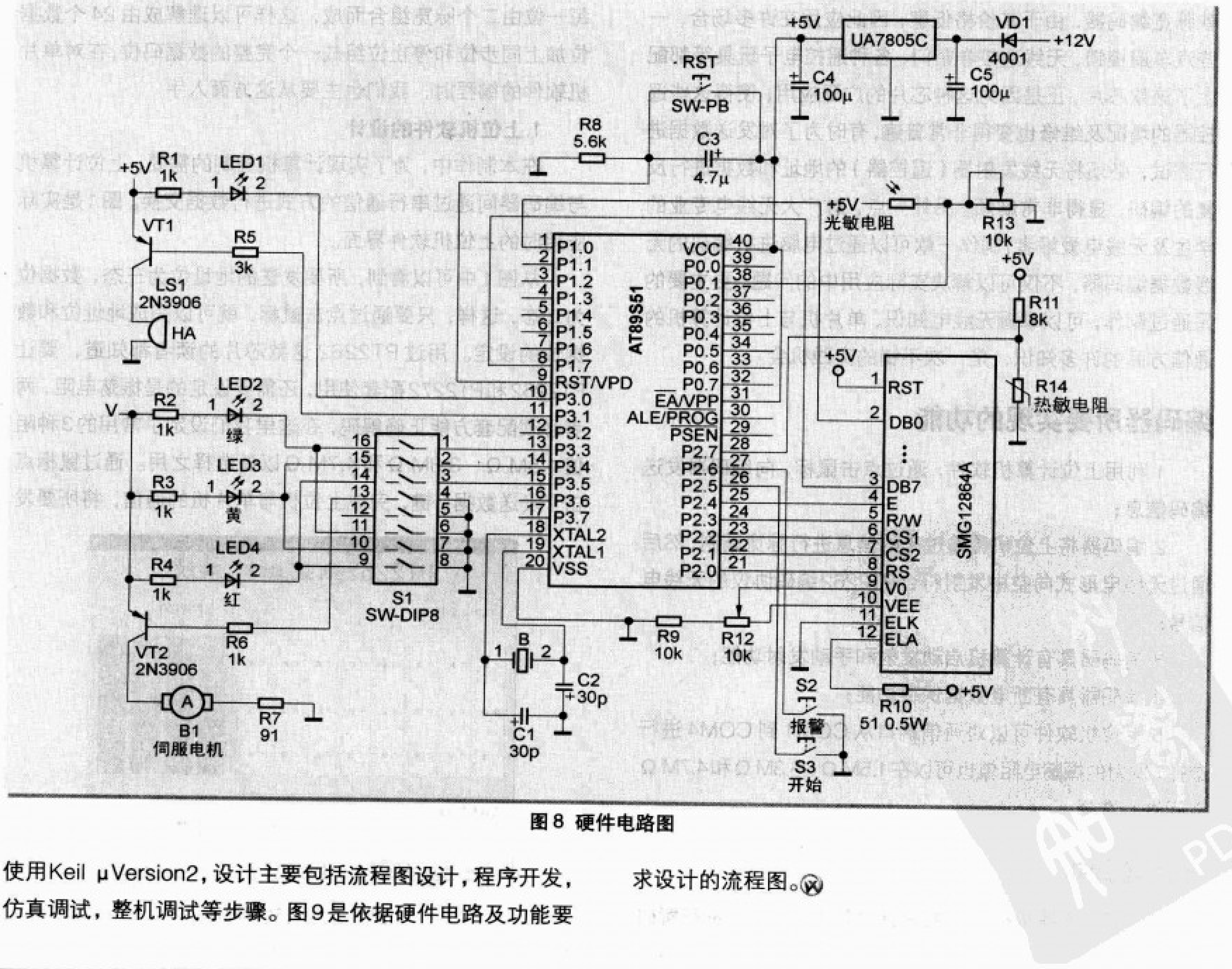
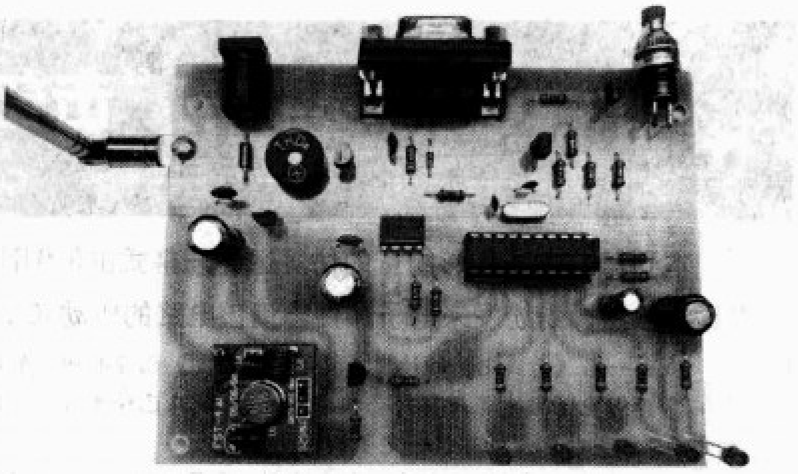


图8 硬件电路图

使用Keil μVersion2，设计主要包括流程图设计，程序开发，仿真调试，整机调试等步骤。图9是依据硬件电路及功能要求设计的流程图。

PT2262 无线编码器的制作



○ 文/张建平

无线电技术现在已被广泛运用于遥控、遥测、遥感等领域，由于无线电通信会受到许多因素的干扰，因此在这些领域的应用中，对传输的数据都必须经过专门的编码处理，目前被广泛采用的格式便是脉宽调制。无线通信中数据传输全部采用串行传输，即每传输一个字节的信息，并不是一次全部传输过去，而是将一个字节的信息拆成位来传输，在接收端再进行组合，还原出原始数据。编码芯片PT2262便是一款脉宽编码器，由于其价格低廉，因此应用在许多场合，一些汽车遥控锁、无线遥控卷帘门、各种遥控电子玩具等都配上了这款芯片。正是因为这种芯片的广泛应用，使得这些遥控器的增配及维修也变得非常普遍，有时为了对发送数据进行测试，必须将无线发射器（遥控器）的地址和数据进行反复的编码，显得非常麻烦。另外一点，对广大无线电专业的学生及无线电爱好者，制作一款可以通过电脑进行编码的无线数据编码器，不仅可以解决实际应用中的问题，更主要的是通过制作，可以掌握无线电知识、单片机与上位计算机的通信方面的许多知识，是一次不错的实践机会。

编码器所要实现的功能

1.利用上位计算机软件，通过点击鼠标，向编码器发送编码信息；

2.编码器将上位机传输过来的信息进行脉宽调制，然后通过无线电形式向空中发射符合PT2262编码协议的无线电信号；

3.编码器具有计算机启动发射和手动发射功能；

4.编码器具有断电数据保存功能；

5.上位机软件可以对通信端口从COM1到COM4进行选择，发射的振荡电阻值也可以在1.5MΩ、3.3MΩ和4.7MΩ之间进行选择。

设计与分析

PT2262无线编码器主要是针对利用PT2272进行解码的应用场合，而对于这一对编、解码芯片的编码协议，在许多的电子类报刊、杂志等都有介绍，不了解的读者可以先查看一下相关内容，这里不再详述。PT2262基本上应用于8位地址和4位数据的方式或是6位地址、6位数据方式，这些主要是针对解码器而言的，分别对应PT2272L4（M4）和PT2272L6（M6），因为地址位是三态的，而数据位则是二态的。从编码器的角度来讲，所要发送的数据为12位数据，每一位由二个脉宽组合而成，这样可以理解成由24个数据位加上同步位和停止位组成一个完整的数据码位，在对单片机软件的编程时，我们也主要从这方面入手。

1.上位机软件的设计

在本制作中，为了实现计算机控制的需要，上位计算机与编码器间通过串行通信的方式进行数据交换。图1是实际应用时的上位机软件界面。

从图1中可以看到，所要发送的地址位为三态，数据位为二态，这样，只要通过点击鼠标，就可以完成地址位和数据位的设定。用过PT2262这款芯片的读者都知道，要让PT2262和PT2272配套使用，还需要设定的是振荡电阻，两者必须配套方能正确解码，在这里我们设定了常用的3种阻值1.5MΩ、3.3MΩ和4.7MΩ以备选择之用。通过鼠标点击“发送数据”键，完成上位机与单片机的通信，将所要发

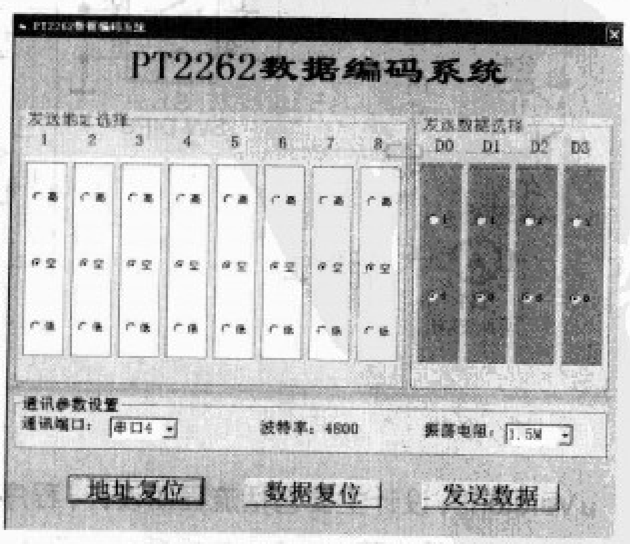


图1 上位机软件界面

附表 PT2262常用振荡电阻与脉冲宽度对应表

振荡电阻 名称	1.5MΩ	3.3MΩ	4.7MΩ
窄脉冲	150μs	320μs	450μs
宽脉冲	450μs	960μs	1350μs
同步位	5ms	10ms	14ms

送的数据信息传输给编码器，编码器在正确接收到上位机数据后，完成编码并以无线电形式向外发射。

2.单片机软件的设计

在本制作中，单片机所要完成的任务主要是：接收上位机发送的编码信息、完成符合PT2262编码协议的数据编码、驱动无线发射模块向外发送无线数据等。

在单片机软件的编制中，重点是利用软件完成符合PT2262编码协议的数据编码，在这里，一个重要的参数就是不同振荡电阻下的脉冲宽度的确定，这个值确定得是否正确，直接关系到编码数据的准确性，否则发送的无线信号PT2272无法正确解码。这个编码脉冲的宽度在介绍PT2262/2272这对芯片应用的资料中都可以查得，这里我们给出一个值作为参考，当振荡电阻采用常用阻值时对应的脉冲宽度见附表。

有数字示波器的读者也可以利用示波器直接测PT2262工作时第17脚的波形，从而得出一组符合自己需要的数据，因为现在很多国产的编码芯片和PT2262都可以通用，如SC2262、HX2262、LX2262等，但是每个芯片在采用同一阻值的振荡电阻时所产生脉冲宽度则略有不同，附表给出的只是一个参考值，有兴趣的读者可一一加以测试。

本文由于篇幅的关系，只给出了中断子程序和主程序的流程图，如图2和图3所示，供有兴趣的读者学习时参考，至于另外的那些子程序，只要理解了PT2262芯片的编码规则，也是不难掌握的，汇编源程序见本期配刊光盘。

3．硬件电路的设计

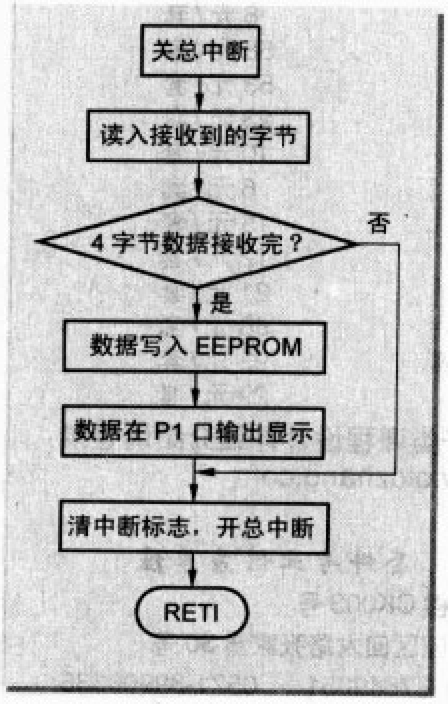


图2 串口中断子程序

系统电路原理图见图4，主要由TTL-RS232等转换电路、指示电路、存储电路及数据发射电路组成，由于RS232通信协议是一种负逻辑，因此单片机输出的TTL电平信号无法直接与上位计算机进行通信，TTL-RS232转换电路可以完成两者间的电平转换。指示电路用于指示所发送的4位数据信息，存储电路则将最后一次发射的数据进行存储，

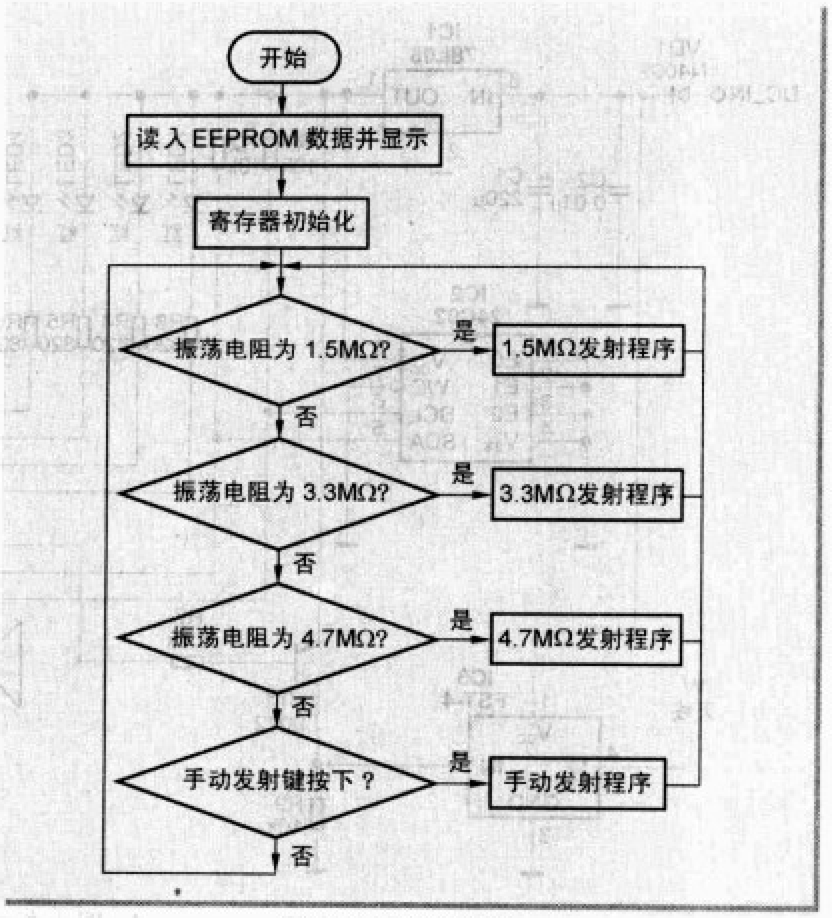


图3 主程序流程图

这样就算没有上位机的控制，也可以通过手动发射键完成数据的发送。高频发射电路采用的是无线发射模块，单片机输出的编码脉宽数据经VT1电平转换后驱动无线发射模块向外发射无线信号。题图是我们制作好的编码器线路板，读者在制作时可进行核对，以防元器件安装错误。

系统调试

由于本制作采用单片机控制，因此外围硬件电路的调试相对较为简单。

1.电源部分调试

用万用表直流电压挡测量IC1输出电压，当插上12V电源时，所测得的电压应在4.90V到5.10V之间，同时可以看到电源指示灯点亮。若所测电压为0，应仔细查看极性保护二极管VD1是否反焊，IC1是否反焊等。

2.显示电路及蜂鸣器调试

在不装单片机的前提下通电，用一导线一端接地，另一端碰20脚集成电路插座的16～19脚，可看到相应的发光二极管点亮和蜂鸣器鸣叫，若不正常，应仔细查看有问题这一路元件是否有虚焊等。只要以上部分电路工作正常，硬件上基本不会出问题，装上写有控制程序的单片机，便可以正常工作。

安装好的编码器见图5。

3.系统调试

在20脚集成电路插座上装上STC12C2052单片机（在我们提供的套件中程序已写入），注意不要插反，否则容易

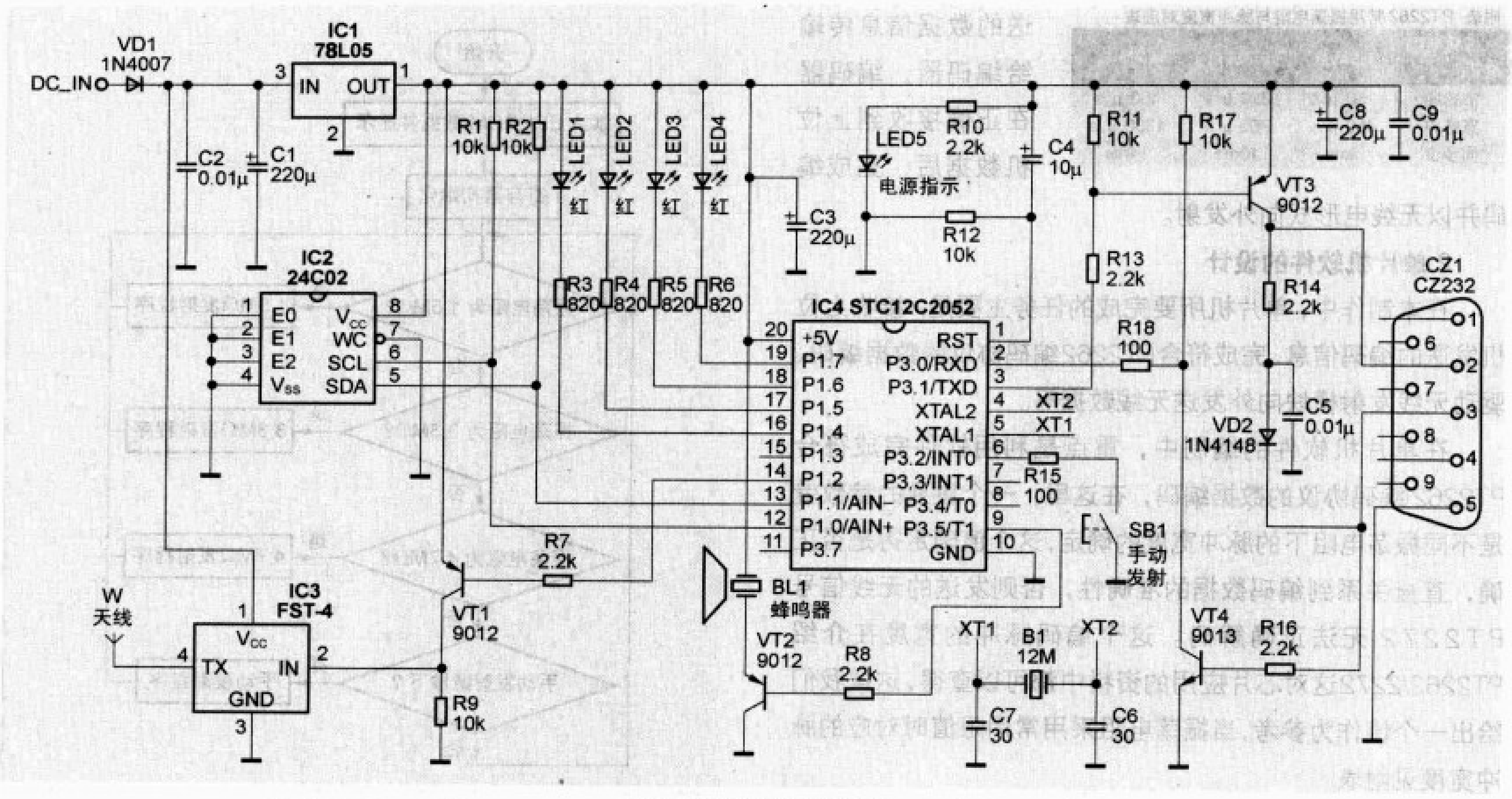


图4 编码器电路原理图

损坏单片机。取一用PT2272作为解码的控制器通电等待接收无线数据。将串口线插上，同时与计算机上的串口相连。接通电源，看到电源指示灯亮。打开计算机上的软件，设置通信口和发送地址（与接收器相对应）及振荡电阻。

至此所有准备工作全部完成。鼠标点击“发送数据”键，可以看到编码器上的四个数据指示灯的状态与上位机的四位数据一致，当发送位为“0”时，相应的灯灭，反之则亮，同时看到LED3指示灯闪亮，用作无线数据发射指示，其闪亮的快慢与所选发射数据的快慢同步，即采用1.5MΩ振荡电阻时的速度要比采用4.7MΩ振荡电阻时的快。若发射的数据与PT2272端的接收动作数据相同，便执行相应的动作。

系统功能扩展

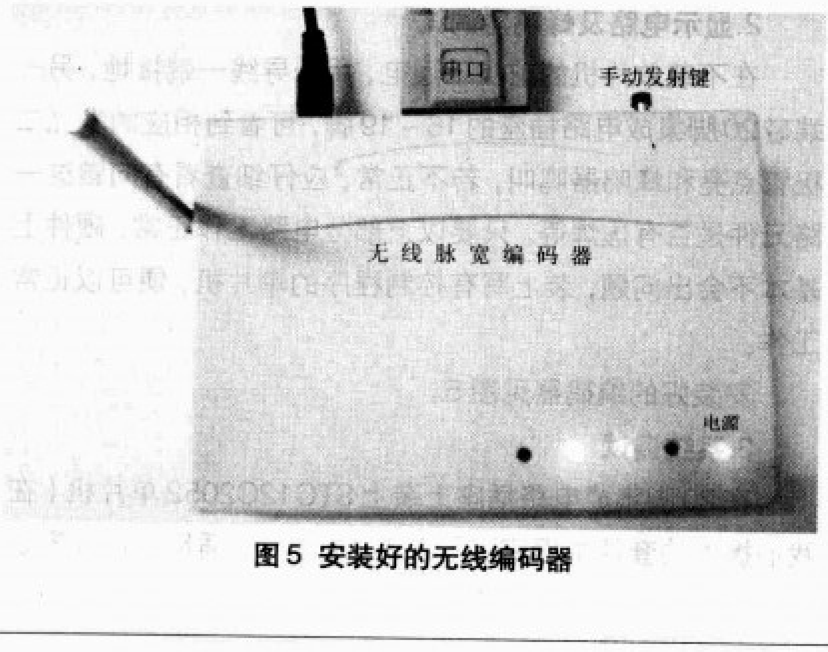


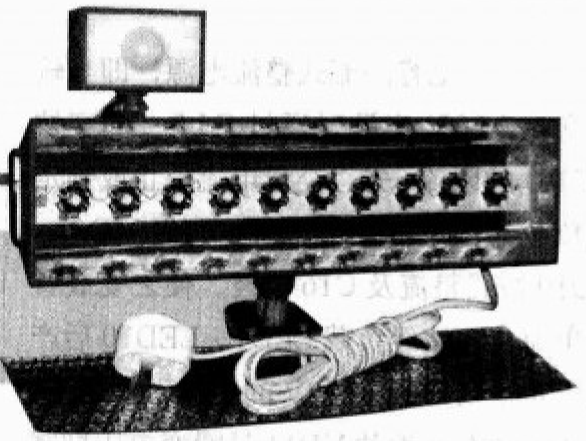
图5 安装好的无线编码器

本制作采用的是在线编程型单片机，同时在硬件电路设计时设计了专门的RS232转换电路，因此在对于单片机程序的修改直接可以在上位计算机上进行，然后通过在线编程软件进行下载，而无需拆下单片机进行程序的写入操作，这给了使用者很大方便，有兴趣的读者，可以自己发挥，在本机程序的基础上，开发出功能更强大的应用系统。

专供电子实训套件及材料

收音机套件	12元/套
水箱水位控制器	22元/套
无线话筒	10元/套
电子迎宾器	6元/套
红外线对射报警器	58元/套
数码电子钟	58元/套
无线电遥控开关	23元/套
声光控节电开关	10元/套
有线音乐门铃	6元/套
光控路灯控制器	15元/套
可调直流稳压电源	12元/套
无线音乐门铃	21元/套
PT2262无线编码器	68元/套
多路无线门铃报警器	93元/套
双音频电话机	29元/套

更多套件制作讲解及电子类课程设计详细介绍请登录：
http://www.oldzhang.com
杭州书环电子商行
——电子制作材料、套件专业供应单位！
市场地址：杭州电子市场1楼CK003号
研发部：杭州转塘科技工业园区回龙路张家堡30号
联系人：张建平电话：0571-87649051 0571-89908336
业务QQ：153286663



用功率型LED制作人体红外控制灯

文 / 孙志甫

去年第6期的《无线电》杂志上，笔者为大家介绍了一种利用人体红外移动信号控制灯具开和关的自控型照明灯具。该灯具采用的是普通的LED制作。随着大功率LED价格的逐步降低，经过笔者改进，用10只1W的功率型LED灯（单只芯片亮度大于80流明值）制作了一款适用于需要自动照明环境的一体化光控及人体红外线控制灯。

该灯功耗在点亮时约10.5W（待机时耗电微乎其微），灯具亮度大于800流明，色温≥6000k，略胜出14W细管三基色荧光灯(两灯并列放在一起作过比较)，是一款节能环保的新颖实用灯具，可以取代用白炽灯、荧光灯一类传统光源制造生产的辅助类照明灯具。

该灯的特点

该灯采用红外热释电传感器控制电路，在灵敏度和可靠性上都优于声控电路，尤其是雷雨天时完全可避免“声控灯”因打雷声而导致的“误触发”使整幢大楼的楼道灯都被点亮。

灯具的光源和控制电路采用一体化设计，安装时不需要更改原开关设备的电路，在固定好灯具后，用户只需接一对220V 电源线即告完成。

该灯的光控及延时关灯时间都可通过小型多转电位器（约20转）具体调整设定，一经设定调整后，只要不变换灯具的使用环境，不论四季温度如何变化，原先所设定的参数将永不改变，能确保该灯具长期稳定可靠工作。

工作原理

关于红外控制部分的电路原理，与去年第6期杂志上的《人体红外控制LED镜灯》电路类似，不再详述，本文主要介绍电源电路部分的原理。完整电路见图1。图中虚线左边是光控及人体红外线传感控制电路，右边是电源电路，右上方：由BY、VD1～VD4、7805等组成EC1为5V的直流稳压电源，供给传感控制器电路，右下方由C15、VD7～VD10、

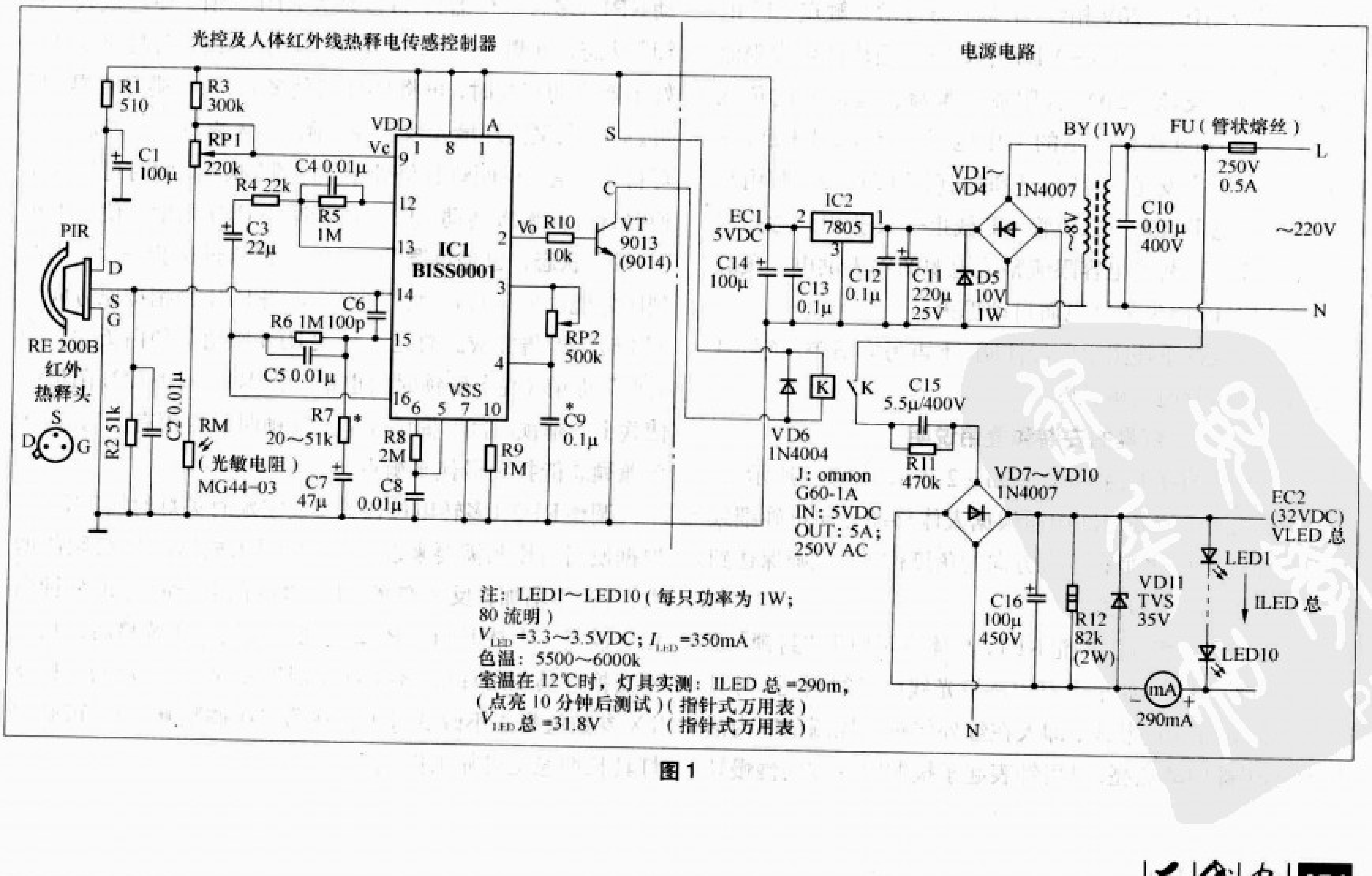


图1

C16等组成电容限流式整流电源，即当输入交流220V电源时通过C15（即容抗XC15）的限流，先将交流电流限止或锁定到负载的额定工作电流值，再经VD7～VD10桥式整流及C16滤波，使之变成直流电流，再流经负载LED1～LED10后产生上正下负*EC*2＝32V的负载工作电源。跨接在负载两端的VD11是瞬变电压抑制二极管，可有效拦截大于35V的瞬时尖峰高电压，加到负载两端，确保LED芯片的安全运行。R12是C16的放电电阻（正常工作时耗电极微），其作用是在灯具断电检修时，当负载开路情况下，给C16上存储的高电压形成放电回路，可避免受到电击或损坏元件。

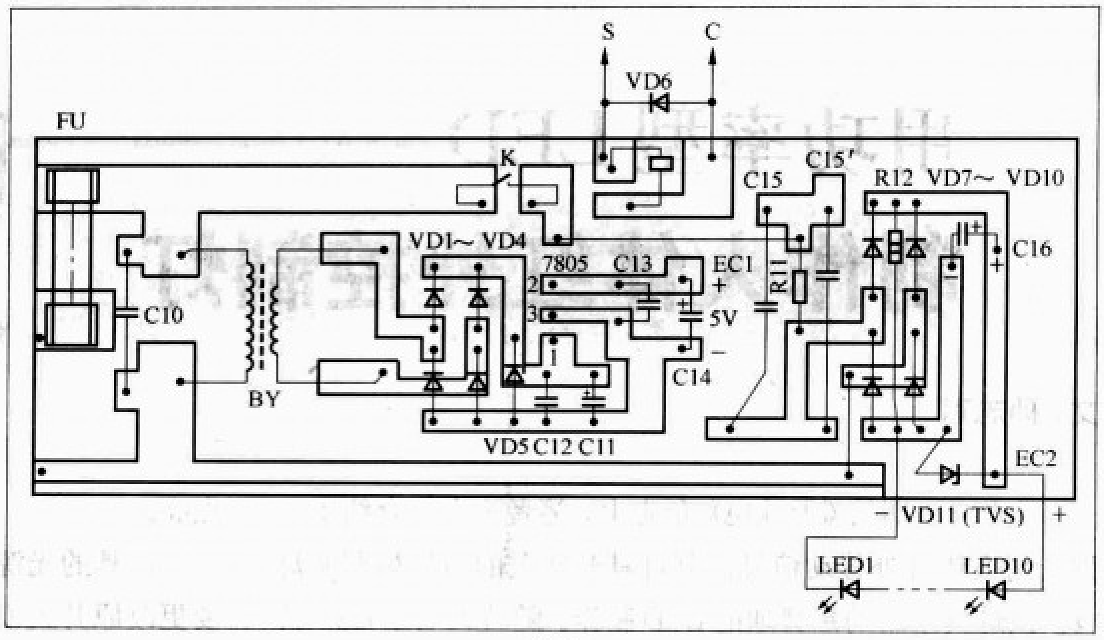


图2

该电路的整体工作原理叙述如下：在图1中，当L、N电源输入端接通交流供电时，220V通过变压器BY初次级绕组降到～8V输出，加到由VD1～VD4组成的桥式整流电路，输出的直流电压经VD5预稳压和C11、C12滤波后，加到三端稳压器7805输入1、3两端，稳压后由2、3脚输出，再通过C13、C14滤波后得到*EC*1＝5V稳定直流电压供给左边“光控及人体红外控制”电路，使之进入工作状态。

正常情况下，该灯在刚接通交流220V电源瞬间，因控制电路“IC1”第2脚输出高电平（约5V）驱动了晶体管VT（9013）导通，于是就有工作电压（电流）供给继电器线圈，使“K”吸合动作，220V相线（L端）通过常开触点“J”的闭合接通了由C15、VD7～VD10、C16等组成的电容限流式整流电源，交流220V经限流、整流、滤波后向负载LED1～LED10提供合适的工作电压和电流，LED1～LED10即被点亮发光，延时一段时间后，IC1“2”脚由高电平变为低电平状态→三极管VT截止→K失电，触点由常闭变常开，切断了电容限流整流电源的输入供电，负载LED1～LED10因失去供电而自动熄灭。

元件参数在原理图中已经注明，不再另立清单。该灯具的电源部分印制电路板见图2。

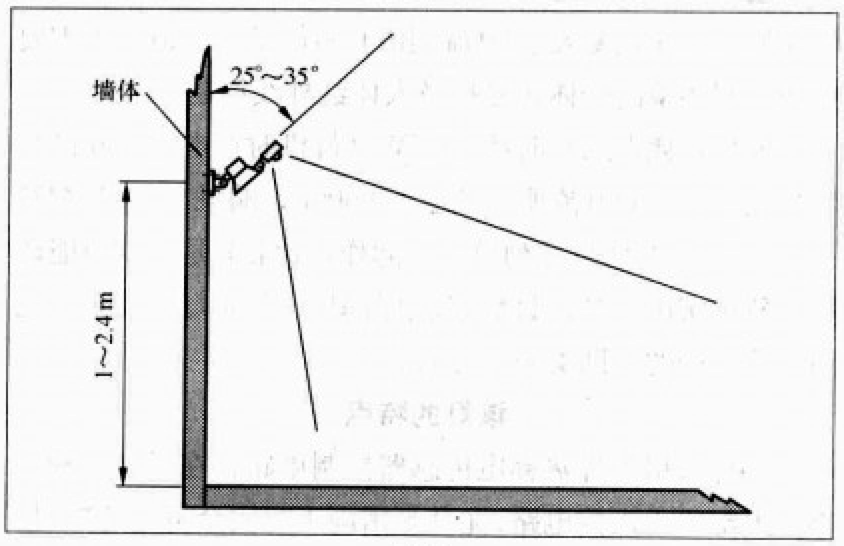


图3

灯具的安装和使用说明

灯具安装的高度最好离地1m～2.4m，如图3所示。

在被控通道或各房间中需根据人体移动方向正确细致调整“控制盒”的水平和垂直方向的角度位置，以确保达到最佳探测方位和灵敏度。

根据不同环境亮度调整RP1，具体设定白天“封锁”及晚上“解锁”时刻，如早上室内环境光线已经很明亮，灯具还没有进入“封锁”状态，即人在红外传感器探测范围内活动，灯具仍被启动点亮，可用钟表起子按顺时针方向慢慢转动RP1（多转电位器），逐步增大RP1阻值，使之进入“封锁”状态，每调节一次，人体接近试验一次，当调到该灯刚好不能启动点亮时，再将RP1稍稍多调1转（避开临界）即可。如晚上室内环境光线已经很暗，人体靠近仍不能启动该灯自动点亮，说明灯具仍处于“封锁”状态，此时可用起子逆时针方向慢慢转动RP1，逐步减小RP1阻值，使之退出“封锁”状态，也是每调节一次，人体接近试验一次，当调到刚好能触发该灯自动点亮时，再将RP1稍稍按原方向多调1转，即告完成。总之，增大RP1阻值能使白天“封锁时间”提前（晚上解锁时间也稍有推迟），减小RP1阻值能使晚上“解锁时间”提前（早上封锁时间也稍有滞后），两头兼顾总能找到最佳平衡点。

调整RP2（多转电位器）可设定延时关灯时间TX，可根据使用习惯和需要来设定，顺时针方向转动RP2阻值增大、TX值增加，反之亦然。TX值可在半分钟至30分钟内任意设定。上述RP1、RP2一经首次设定和调整后，只要不变换灯具使用环境，不论四季温度变化，所设定的光控及TX参数值将永不改变（不存在第二次调整麻烦），可确保灯具长期稳定可靠工作。

超温无线报警器

文/刘 智

笔者试制成功了一种超温无线报警器（见图1），感温灵敏、制作容易、工作可靠、随身携带、使用方便，可以用于农作物大棚的超温保护以及日常的温度报警。

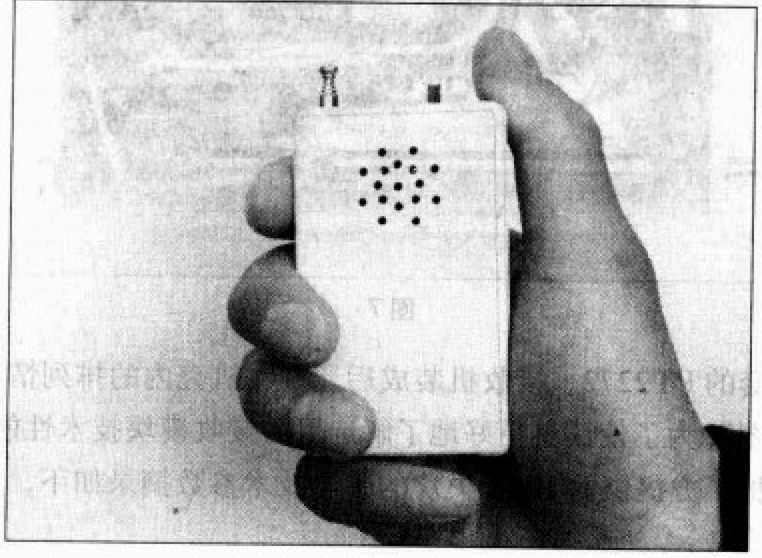


图1

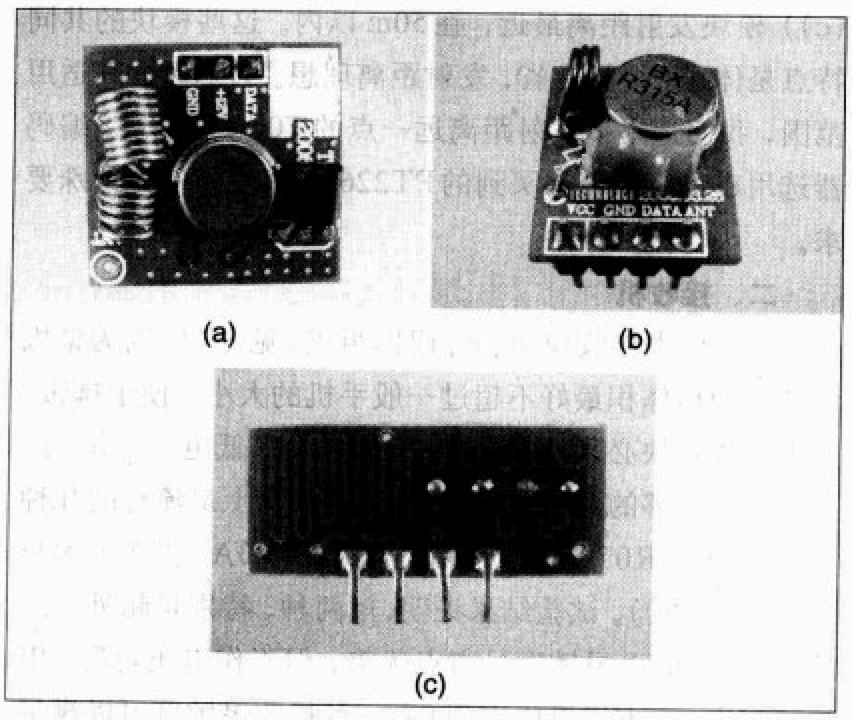


图3

一、发射机

报警器的发射机由温度传感开关电路和发射机模块组成（见图2），温度传感开关电路又由温度传感器探头和开关电路组成。传感器探头的选择是本报警器的关键，我们通过多种选材和认真的测试筛选，发现采用肖特基二极管作感温探头，灵敏度最高，选用的型号是1N5819，感温探头用胶密封在合适的管子中。探头的控制电路采用了达林顿复合管开关电路，可使灵敏度提高很多。常温条件下感温二极管VD1反向电阻较大，由VT1、VT2组成的达林顿管导通，使二极管VD2的正极保持低电位，VT3得不到基极偏压而截止，发射电路不工作。当温度升高时，VD1的反向电阻急剧减小，减小到规定的温度极限时，达林顿三极管截止，经R2和VD2向VT3提供正向偏压使其导通，发射机得电工作，发出超温报警无线信号，被接收机接收后推动讯响器鸣叫，通知主人采取降温措施。笔者对发射机模块也进行了认真筛选，根据我们对控制距离的一般要求，笔者筛选了市场上常见的几种模块进行测试，其结果：T02A型（见图3（a）），在4.5V电源时发射距

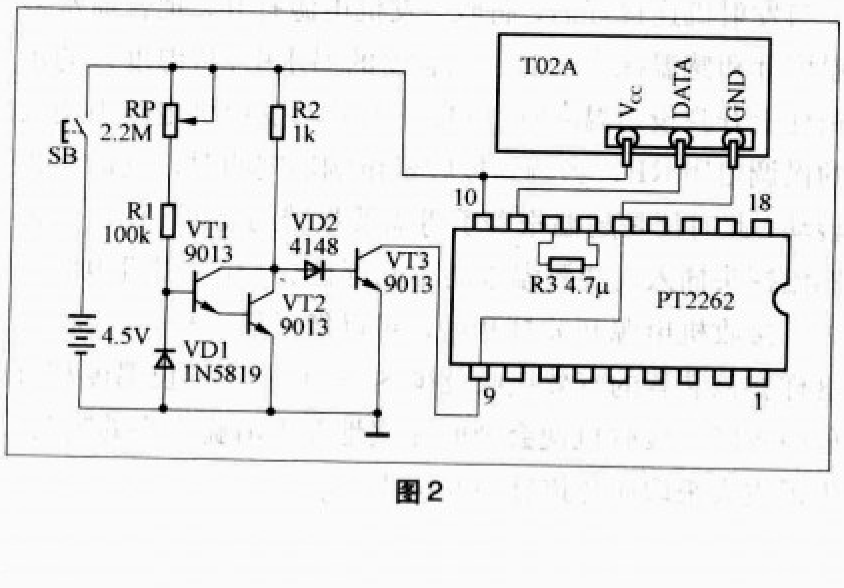


图2

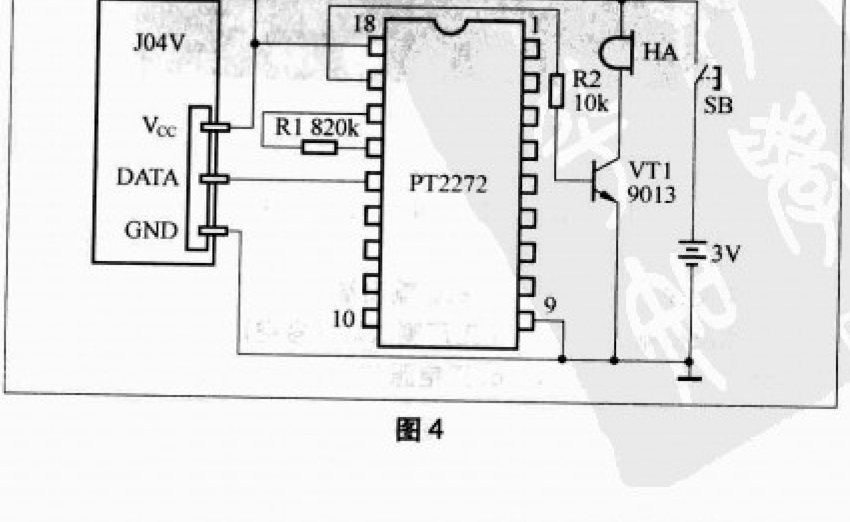
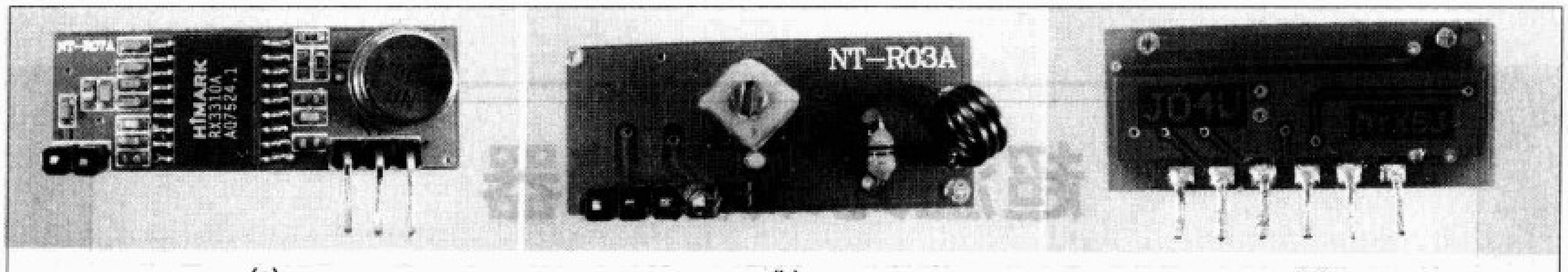


图4



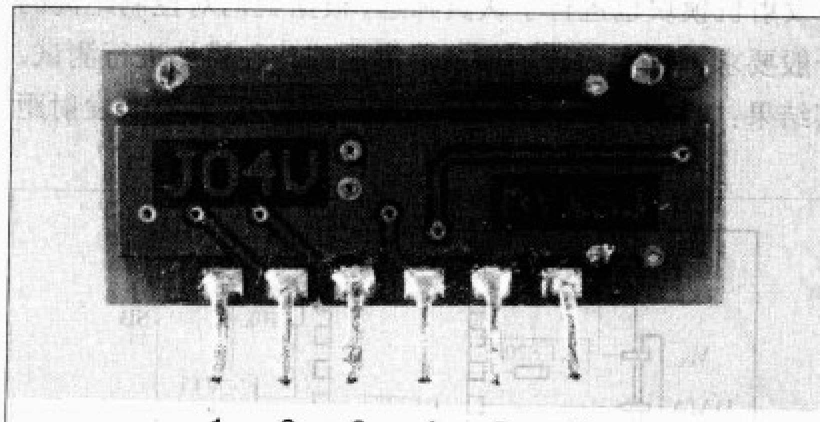
(a) (b) (c)

图5

离为300m左右，电源电压相同；用T10A型（见图3（b））模块测试时，其发射距离在100m以内；F05P型（见图3（c））模块发射距离最近，在50m以内。这些模块的共同特点是体积小，耗电省，发射距离理想。为了保证其适用范围，我们选用了发射距离远一点的T02A型模块。编码器选用市场上最容易买到的PT2262。其他元件无特殊要求。

二、接收机

接收机由接收模块和译码器组成（见图4）。因为整机组装成功后体积最好不超过一般手机的大小，便于携带，所以接收模块必须选择体积小、耗电省、低电压工作，还要保证有足够的灵敏度。我们选试了市场上最流行的几种型号：NT－R07A（图5（a））、NT－R03A（见图5(b)）、J04V（图5(c)）。试验结果证明，前两种，特别是超外差式的NT－R07A灵敏度虽占点优势，但工作电压较高，电池体积大，会占用机内空间，后一种接收灵敏度可以满足要求，体积比前两种也小，特别是工作电压比其他模块要求低，可以用一节3.6V镍氢或锂充电电池供电，还能在两节7号镍氢电池串接后的2.4V的电压下工作，给使用上带来极大方便。另外，模块接上适当长度匹配好的外接天线后，接收灵敏度还可以进一步提高。所以我们选用了J04V型，特别设计了个数据反相输出端，使用起来更加方便。该模块的引脚功能见图6。译码器用的是和编码器



引脚功能

1. 外接天线　2. 数据输出端

3. 数据反相输出端　4.工厂测试端（悬空）

5. 地　6. 正电源3V

图6

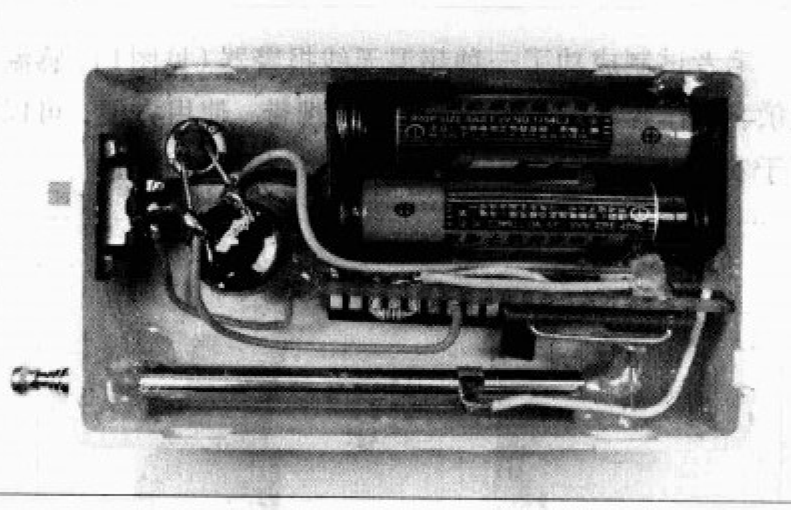


图7

配套的PT2272。接收机装成后元件在机壳内的排列情况见图7。为了使读者更好地了解选用的接收模块技术性能，现把厂方提供的J04V模块的主要技术参数摘录如下，仅供参考：

接收频率：315MHz、433MHz。

工作电压：3V～3.5V。

工作电流：0.3mA/3V。

接收灵敏度：5μA。

三、调整与使用

因收、发模块出厂前已经调试好，使用前不需作任何调整即可正常工作。每次使用前必须按照需要报警的温度，调整设定警报温度，具体方法是：准备一个盛水的容器，一支普通水银温度计，在容器中倒入约高于38℃的温水，把发射机和接收机拉开1～2m的距离放好，把感温探头与发射机连接好后，将收、发机电源打开，把普通水银温度计和感温探头一起放入容器的温水中，待温度计的水银柱上升到设定温度时，立即左右转动发射机电路中调温的微调电阻RP，当调到接收机讯响器鸣叫时，立即停止转动，此时便是超温报警手机需要报警的温度。使用时把感温探头插入需要测温处的中间部位，打开发射机电源开关，接收机电源开关打开后，可以像手机一样带在身上，这样在该装置的有效接收范围内，一旦监测部位温度超过危险界限，接收机便会及时无误地发出清脆宏亮的鸣叫，告诉主人采取应急措施免受损失。

自制简易地震报警器

文/张晓东

2008年5月12日发生在我国四川省汶川的8.0级强烈地震，给人民生命和财产造成严重伤害！地震的危害令人胆寒，尤其是深夜突如其来的地震，往往使人们丧失了最后逃生的机会。能不能自制一种地震报警装置呢？答案是肯定的。人类在长期观察中发现，由地球内部产生的地震，会形成两种地震波：一种是纵波，它从震源以最快速度传出，伴以低沉的“隆隆”声，给人感觉是上下跳动（颠簸），其破坏力不大；另一种是横波，又称剪切波，传播速度较慢，受震源与地面距离等因素影响，传到地面的时间比纵波晚数秒至十几秒钟，给人感觉是左右摇晃，其冲击力可毁灭地面上的一切。地震时，在地面往往会感到相隔不一会儿的两次震动，就是这个原因造成的。

这里所介绍的地震报警器，就是利用地震纵波和横波的时间差设计出来的，只要将它安装在居室内，就可安心睡觉。如一有地震活动，首先到来的纵波便会触发电路发出报警声和照明灯光。这时，人们可争取在横波到来前的数秒至十几秒钟内，迅速逃生（可躲入相对安全的地方），将伤亡降低到较小程度。而携带着该报警器逃生，还能有效发挥出照明灯和呼救求援的作用来。

一、工作原理

地震报警器的电路如图1所示。霍耳传感器IC1和小磁铁、小弹簧等构成了地震纵波检测器，单向晶闸管VS和隔离二极管VD1等构成了电子开关，模拟声集成电路IC2和功率开关集成电路IC3等构成了警报发声器，HL为照明小灯泡。

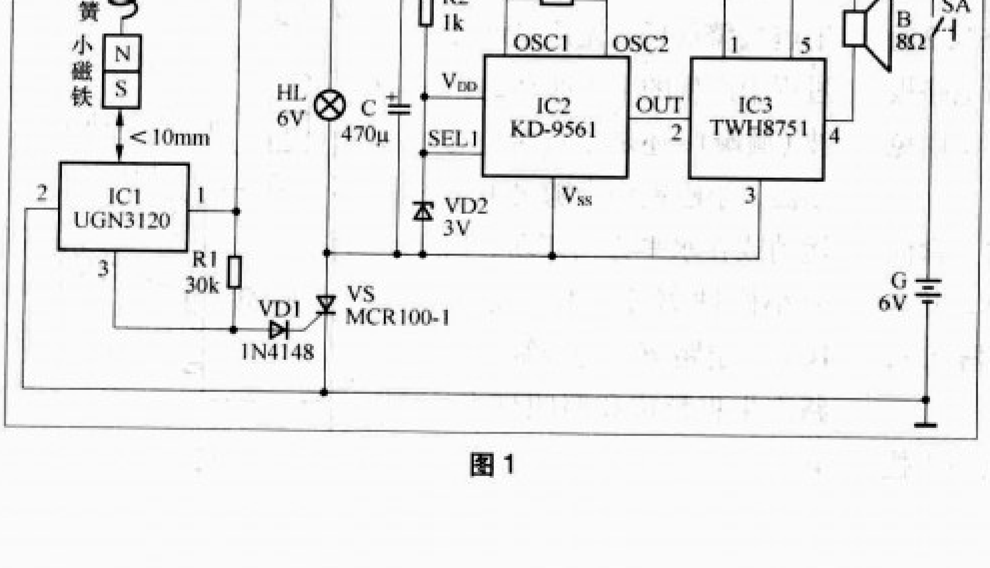


图1

平时，霍耳传感器IC1受小磁铁磁力线的作用，其输出端第3脚处于低电平，单向晶闸管VS无触发电流而阻断，小灯泡HL不发光，模拟声集成电路IC2、功率开关集成电路IC3均断电不工作，扬声器B无声。此时整个电路消耗电能（主要是霍耳传感器IC1）很小，实测静态总电流小于5mA。当有地震活动时，小磁铁会首先感受到纵波的冲击，当冲击力足够大（一般大于20g）时，即可使小磁铁作上下运动。在小磁铁远离霍耳传感器IC1的瞬间，IC1第3脚输出高电平脉冲，单向晶闸管VS经电阻器R1和隔离二极管VD1获得触发电流导通。单向晶闸管VS一经触发导通，便“自保”导通状态，直到断开电源开关SA为止。单向晶闸管VS导通后，模拟声集成电路IC2、功率开关集成电路IC3得电工作，扬声器B即发出刺耳响亮的警笛声，唤醒主人从睡眠中醒来。与此同时，小灯泡HL发出亮光，为黑暗中的人们照亮逃生道路。

这里警报声发声电路的设计独具特色，笔者利用功率开关集成电路IC3具有增益高及其输入特性能与CMOS数字电路兼容之特点，把模拟声集成电路IC2输出的电信号（用示波器观察波形为变频方波信号，可认为是逻辑电路中的数字信号）直接送给该器件进行“开关”放大，而不是一般的线性功率放大，然后推动扬声器B发声。经实践证明，这种方案不仅切实可行，而且具有电路简单、效率高（IC3不必加散热板）、输出功率大和性价比高等突出优点。

电路中，限流电阻器R2、稳压二极管VD2组成简易稳压电路，向模拟声集成电路IC2提供合适的3V工作电压。R3为模拟声集成电路IC2的外接振荡电阻器，改变其阻值可调节警报声的音调高低和速度快慢。

二、元器件选择

IC1选用UGN3120或UGN3020、CS3020型开关型霍耳传感器，其内部电路方框图和管脚排列如图2所示。这种器件的基本功能是将磁输入信号转换成开关状态电信号输出，它的内部电路包括稳压、磁敏感区、放大、施密特触发整形、开路输出五部分。稳压部分使器件能在较宽的电

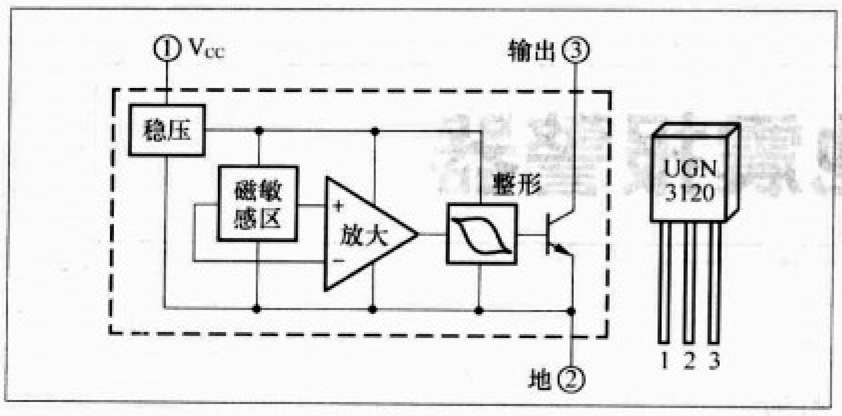


图2

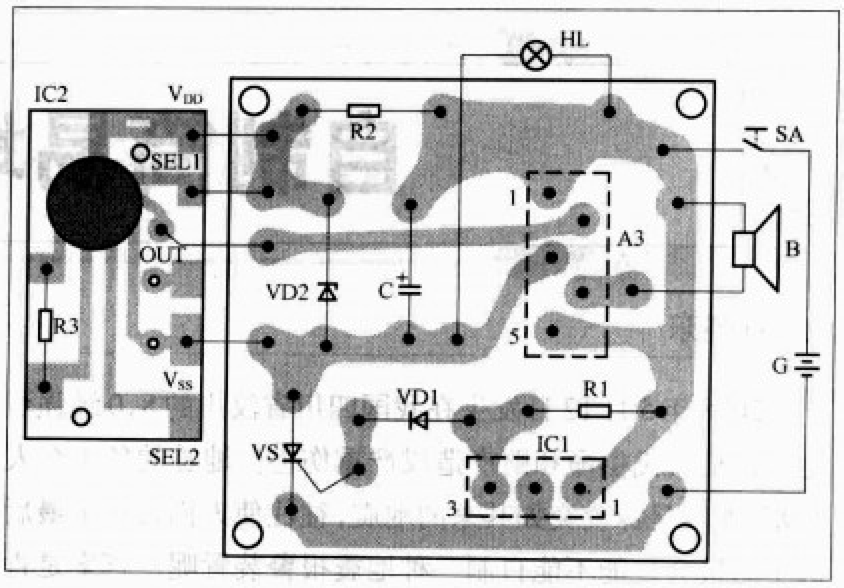


图3

源电压范围（4.5V～24V）内工作，开路输出使器件很容易与众多的逻辑电路系列接口。通常霍耳传感器的有字标平面为磁敏感面，要使磁力线垂直穿过磁敏感面。与霍耳传感器配合使用的小磁铁，可用F14型永久性磁铁，其尺寸为14mm × 14mm × 12mm。如发现小磁铁不能触发霍耳传感器，只要调换一下小磁铁的极性即可。

IC2选用KD－9561型四声模拟声集成电路。

IC3选用TWH8751型功率开关集成电路。TWH8751亦可用同类产品MC3484S2－1来直接代换。

VS选用普通MCR100－1或BT169D、CR1AM－6、2N6565等小型塑封单向晶闸管。这类单向晶闸管采用TO－92封装，外形与普通塑料封装的小功率三极管9014等完全相同，制作时注意不要接错引脚。VD1用1N4148型硅开关二极管，VD2用3V/0.25W硅稳压二极管，如1N4619、2CW51型等。

R1～R3均用RTX－1/8W型碳膜电阻器。C用CD11－16V型电解电容器。HL用XZ6.3－0.3A型小电珠，亦可用两只手电筒专用的2.5V、0.3A小电珠串联后代替，以保证通电后能够发出较强的亮光。B用阻抗8Ω、额定功率3W的小口径电动式扬声器，如用电－声转换效率较高的小型号筒式扬声器，则效果更佳。G最好采用内阻小的固体6V免维护小型蓄电池，以保证扬声器B获得不低于3W的音响电功率。SA用小型单刀单掷开关。

三、制作与使用

图3所示为该地震报警器的印制电路板接线图，印制电路板实际尺寸约为40mm × 40mm。模拟声集成电路IC2通过4根长约7mm的阻容元器件剪脚线，插焊到印制电路板上。焊接时应特别注意：电烙铁外壳一定要良好接地，以免交流感应电压击穿IC2内部CMOS集成电路。

整个电路全部焊装在一体积合适的绝缘小盒内。盒面板参照图4所示开孔固定小灯泡HL和电源开关SA，并为扬声器B开出释音孔。盒子顶面开孔固定霍耳传感器IC1，要求有字标的磁敏感面朝上。

实际使用时，按照图4所示，先选择室内不易人为干扰的承重墙或窗框处，通过铁钉、一段细线绳（为确保探震灵敏度，长度应不小于1m）和一段小弹簧（长度最好不小于10cm）固定好小磁铁，在小磁铁下方安装电路盒。安装时注意，小磁铁的S极（南极）一定要正对着电路盒顶面霍耳传感器IC1的有字标平面（即磁敏感面），两者间距离暂调在6mm以内。电路盒应安装成可拆卸式。这样，地震发生后，主人可顺手携带电路盒一起逃生，发挥出意想不到的辅助作用来：首先是主人可继续利用发光的小灯泡照亮黑暗中的道路。而更重要的是万一被困，可以随时打开电源开关SA，让电路盒中的扬声器发出响亮的警笛声来，呼叫救援人员尽快赶来施救。

小弹簧的软硬对报警灵敏度影响较大，为了使电路能够获得足够的探震灵敏度，可多准备几种不同规格的弹簧，逐一调换对比试验。通过用手向下推一下小磁铁进行比较，选择能够使小磁铁上下跳动幅度最大的弹簧。如果手头无合适的小弹簧，也可用弹力相当的橡皮筋来代替，效果也不错。接下来，调节细线绳的长度，使小磁铁逐渐远离霍耳传感器IC1，至临界报警位置时固定细线绳，即获最佳地震报警灵敏度。

实际上按照图4安装好地震报警器后，无论是地震过程中产生的上下跳动的纵波（颠簸），还是左右摇晃的横波，小磁铁均会随之上下运动或在水平方向摆动。只要小磁铁离开霍耳传感器IC1一定距离，均会触发电路产生报警声和照明灯光。

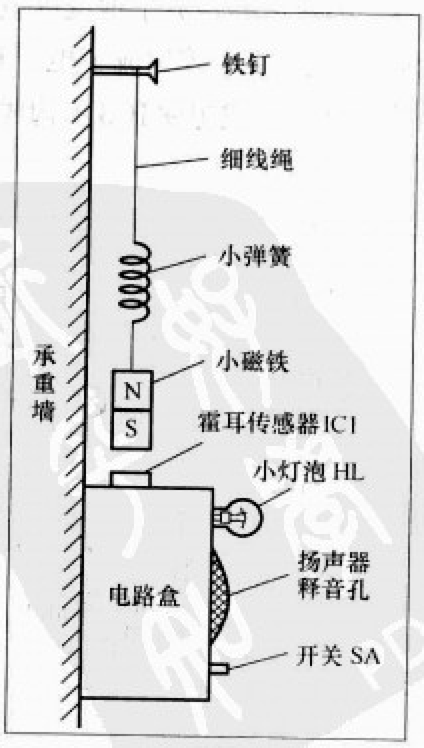
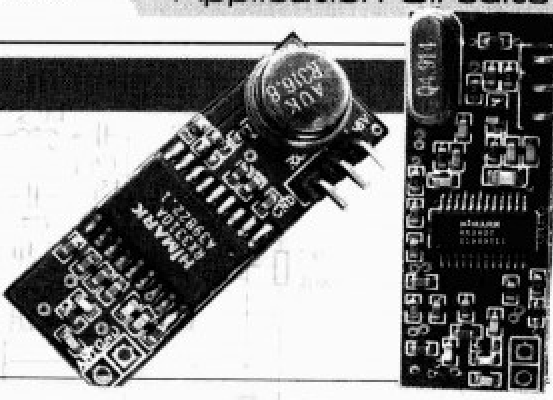


图4

实用电路模块

DF微型无线数据收发模块



文/陈有卿

本文介绍几种应用十分广泛的DF微型无线数据收发模块，目前的市场价格在七八元到十几元不等，性价比较高，它可用于各种天线数据交换领域。

DF微型无线数据发射模块

DF微型无线数据收发模块由发射模块和接收模块两大部分构成，发射模块采用声表面滤波器SAW稳频，频率稳定度极高，当环境温度在－25℃～＋85℃之间变化时，频漂仅为3ppm/℃，特别适合多发一收无线遥控及数据传输系统。声表面滤波器的频率稳定度仅次于晶体，稳定性远高于一般的LC振荡器。DF发射模块采用SMT工艺，将全部元器件安装在一块面积为19mm × 19mm的小印制电路板上，总厚度不超过8mm，图1是模块印制板的元件安装面。模块对外采用3针接插件连接，当元件面朝上时，自左向右分别为：数据输入端DATA、电源正端V_{CC}、地端GND，如图1所示。DF发射模块的主要电参数见表1，等效电路如图2所示。

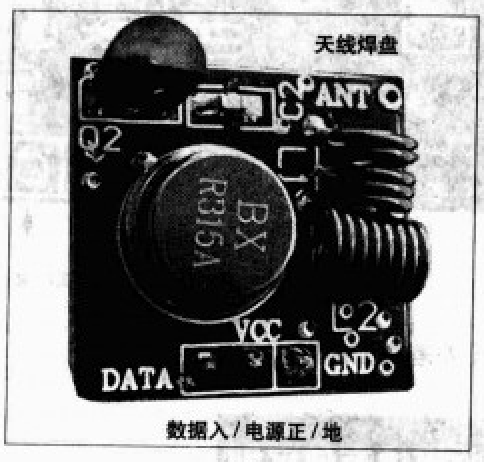


图1

表1 微型无线数据发射模块

参数名称	规范值	单位
发射频率	315（或433）	MHz
频率稳定度	±75	kHz
发射功率	≤500	mW
静态电流	≤0.1	μA
工作电压	3～12	V
工作电流	3～60	mA
传输速率	<9.6（典型值2.5）	kbit/s

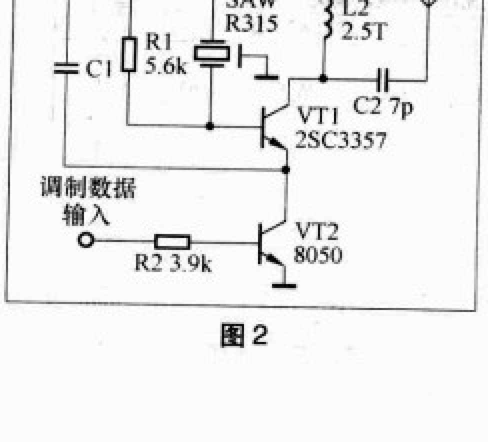


图2

图2中VT2为调制三极管，调制数据信号经R2加至VT2的基极，VT2导通，VT1起振，天线ANT即向外发射已稳频的315MHz调制高频信号；无数据信号输入时，VT2截止，发射电流为零。所以它采用的是调制度为100%的调幅，即所谓ASK方式调制。这种调制方式不但静态时几乎不耗电，降低了整机功耗，而且使得它可以方便地和其他固定编码电路、滚动码电路及单片机连接，而不必考虑编码电路的工作电压和输出幅度信号值的大小。比如用PT2262等编码集成电路配接时，可直接将它们的数据输出端第17脚接至DF发射模块的输入端DATA。

DF微型无线数据接收模块

与DF微型无线数据发射模块相配套的接收模块有多种，它们一般都不带解码电路，实际应用时应视具体要求进行二次开发后才能发挥应有的作用，这种设计的优点是可以和各种解码电路或者单片机相配合，使电路设计更加灵活方便。根据它们的接收原理，接收模块大致可分为以下两类：超再生无线数据接收模块与超外差式无线数据接收模块。

常见的超再生无线数据接收模块典型工作电压为5V，工作电流小于5mA，它采用超再生接收电路，接收灵敏度为−105dB，接收天线可用250mm～300mm的导线，最好能竖立起来。图3是DF超再生无线数据接收模块的元件安装面，等效电路如图4所示。

该类模块采用SMT工艺制作，几何尺寸为30mm × 13mm × 8mm。对外采用4针接插件连接，中间两针相通，为信号输出端；当元件面朝上时，左端为电源正端V_{CC}，右端为地端GND，见图3。由图4等效电路可见，模块在天线输入端设有选频电路L1与C1，而不依赖1/4波长天线的选频作用，当传输距离较近时可以剪短甚至去掉外接天线ANT。输出级采用LM358双运算放大器，输出端的波形相对比较干净，干扰信号为短暂的针状脉冲，所以模块抗干扰能力较强。超再生电路自身虽有辐射但较小，加上模块背面

图3

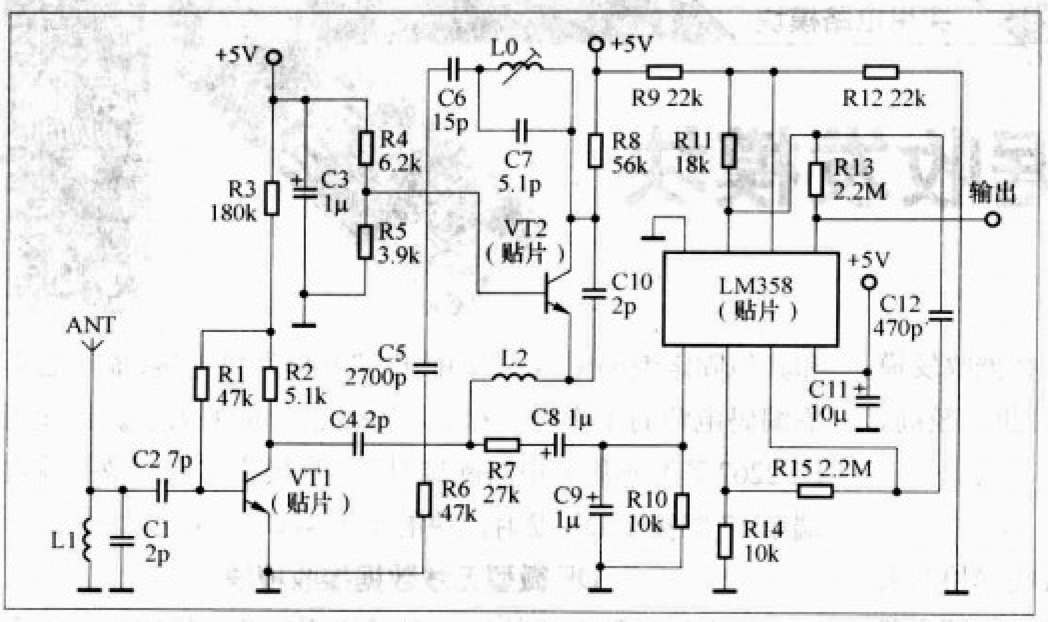


图4

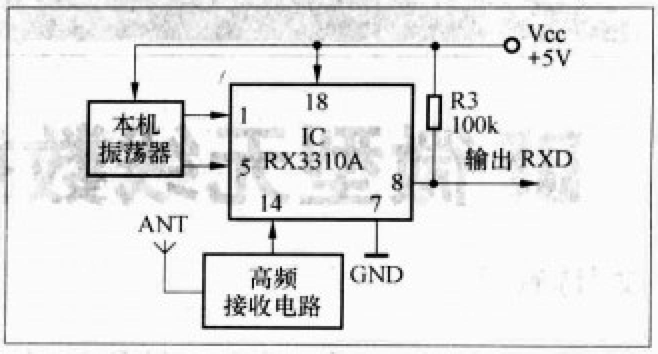


图5

采用大面积铜箔接地，可起屏蔽作用，可以减少自身振荡的泄漏和外界干扰信号的侵入。电感L0为带骨架的可调铜芯线圈，它与电容C7谐振，将频率调整到315MHz后将L0封固，这与采用可调电容调整接收频率的电路相比，无论在温度、湿度稳定性及抗机械振动方面性能都有极大改善。可调电容调整精度较低，因只有3/4圈的调整范围，而可调电感可以做到多圈调整。不过可调电容调整完毕后无法封固，因为无论导体还是绝缘体，各种介质的靠近都会使电容的容量发生变化，进而影响接收频率。未经封固的可调电容在受到振动时定片和动片之间将发生位移，温度变化时热胀冷缩会使定片和动片间距离改变，湿度变化因介质变化改变容量，长期工作在潮湿环境中还会因定片和动片的氧化改变容量，这些都会严重影响接收频率的稳定性，而采用可调电感可解决这些问题，因为电感可以在调整完毕后进行封固，绝缘体封固剂不会使电感量发生变化。

在超再生无线数据接收模块中还有一种低电压微功耗接收模块，其特点是工作电压只要3V，静态电流小于220μA，接收灵敏度稍低，为−93dB，体积更小，只有25mm×10mm×3mm。模块引出方式与前者相同。

超外差式无线数据接收模块常见的有RX3310、RX3400和RX3600型超外差式无线接收模块，它们分别采用RX3310A、RX3400和RX3600超外差专用接收芯片为核心器件设计制作而成，图5是RX3310型模块的电路功能框图，另两种模块与此类同，仅芯片IC换用相应型号，图6是RX3600的实物图片。

RX3400型是RX3310的升级，采用性能更好的RX3400芯片，接收灵敏度较高。而RX3600型在这三种模块中性能最佳，适合要求较高的系统。

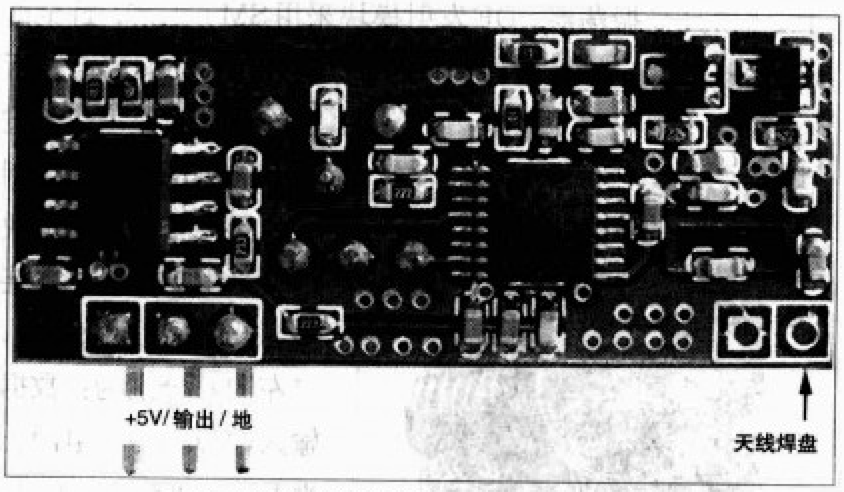


图6 RX3600超外差式无线数据接收模块

超再生和超外差式无线数据接收模块有何区别

附表是几种常见微型无线数据接收模块的主要性能指标。

由附表可见，超再生和超外差式电路性能各有优缺点，超再生模块价格低廉，经济实惠，而且接收灵敏度高，缺点主要是频率的温度漂移大，抗干扰能力差。超外差式优点是频率稳定，抗干扰能力好，和单片机配合时性能比较稳定，缺点是灵敏度比超再生低（以RX3310与常规超再生机相比），价格也高于超再生，而且近距离强信号接收时可能有阻塞现象，读者可根据自己实际需要进行选择。

附表 常见微型无线数据接收模块主要性能指标

参数名称	超再生无线数据接收模块		超外差式无线数据接收模块		单位
	常规型	低功耗型	RX3310型	RX3400型	
通信方式	调幅AM				
接收频率	315（或433）		315（SAW标志为316.8）或433（SAW标志为436）		MHz
频率稳定度	±200		±75		kHz
接收灵敏度	−105	−93	−102	−106	dB
工作电压	5	3	5	5	V
静态电流	≤5	≤0.22	≤5	≤5	mA
工作电流	≤5	≤5	≤5	≤5	mA
输出方式	TTL电平				
外形尺寸	30×13×8	25×10×3	35×13×8	35×13×8	mm

实用电路模块

实用的匙扣式无线电发射模块

文 / 陈有卿

电子市场出现的无线电发射组件可谓形形色色，本文介绍的匙扣式无线电发射组件是一种漂亮的匙扣式微型发射机，平时可悬挂在钥匙圈上，具有工作可靠性高、保密性强、抗干扰性好和遥控距离远等特点，目前已被广泛用于汽车遥控钥匙、车库电动门遥控、报警器的设防与解防等。业余爱好者稍作改制，可以用于各类家用电器遥控、电动玩具及报警系统等领域。

100m 匙扣式微型发射机

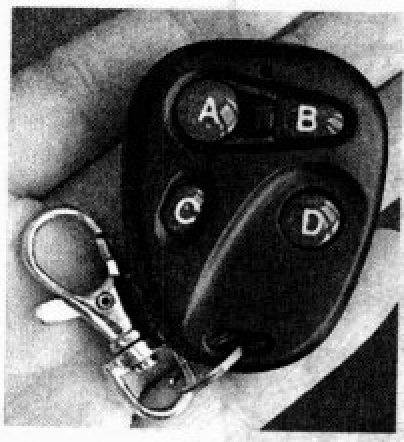


图 1

匙扣式无线电发射组件与接收模块由匙扣式微型发射机和配套的微型无线电接收模块两大部分构成，图1是一种常见的100m 匙扣式微型发射机，它有A、B、C、D四个发射按键，前方还有一只发光二极管用来指示按键状态，按下任一键，LED即闪亮一下。为缩小体积内部，其电池采用 A27 型专用 12V 小电池，发射天线为内藏式PCB天线，发射机的防潮性能良好，适用于近距离遥控。

发射机内电路包含载频振荡器、控制按键、数字编码及12V电源几大部分，图2是一种比较常见的电路，载频振荡器采用声表面滤波器SAW稳频，频率稳定度较高。数字编码采用 PT2262 编码集成电路，8 位地址码（A0～A7，即 1～8 脚）在内电路有悬空、接正电源、接地三种不同状态可供选择，即有 3^8=6561 种不重复编码，只有发射机的编码和接收模块中解码集成电路的地址码完全相同时，才能配套使用。

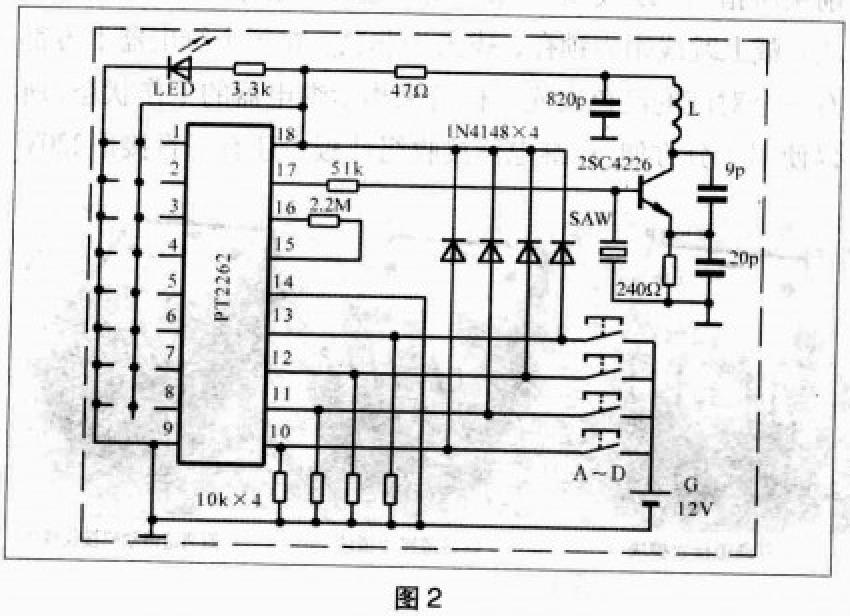


图 2

不同厂家生产的不同型号匙扣式微型发射机的内电路存在较大差异，有些低价位发射机的载频振荡采用一般LC振荡器，因此频率稳定度及一致性较差。有些高档发射机则采用晶体稳频，频率稳定性更好。同时振荡频率也各不相同，有 265MHz、315MHz、433MHz 等数种，但与接收模块相一致。编码集成电路有的采用PT2262、有的用VD5026等；还有的采用密码IC，不重复码高达32万组；还有的采用 TH150 型滚动式编码 IC，即使用 12 位前置码，数据起始码，32 位加密滚动同步码，28 位串行客户码，4 位按键码，2 位结束码等组合为一帧编码，每按键一次，不重复编码即按密匙法滚动一帧，编码量高达 5.77×10^{17}，因此无法破解，只有使用配套的接收模块才能正确接收。

微型无线电接收模块

微型无线电接收模块有多种类型：有超再生式、超外差式及已装配有继电器的接收组件等。超再生式价格低廉，且接收灵敏度较高，适合业余爱好者自行制作开发。

图3是一个A-L4型超再生式微型无线电接收模块，它采用 SMD 贴片工艺制造生产，内含放大整形及解码电路，产品技术特点是：

1. 天线输入端有选频电路，而不依赖1/4波长天线的选频作用，控制距离较近时可以剪短甚至去掉外接天线。

2. 接收电路自身辐射小，加上电路模块背面网状接地

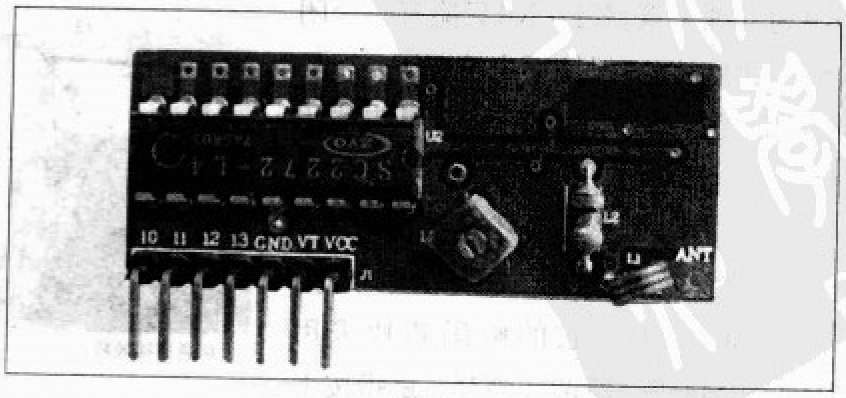


图 3

铜箔的屏蔽作用，可以减少自身振荡的泄漏和外界干扰信号的侵入。

3. 接收机采用高精度带骨架的铜芯电感将频率调整到与发射机相一致的315MHz后封固，这与采用可调电容调整接收频率的电路相比，温度、湿度稳定性及抗机械振动性能都有极大改善。

模块的解码芯片采用PT2272L4型，它的地址码与匙扣式微型发射机地址码完全一致，输出为锁存模式，即解码芯片的数据输出端10、11、12和13脚对应发射机的按键A、B、C和D，当按下发射机的按键A时，对应接收模块的10脚输出高电平，同时芯片解码有效输出端VT第17脚也输出高电平，松开按键A，10脚仍能保持高电平，但VT脚恢复低电平。如果再按动C按键，则接收模块对应的12脚与解码有效VT脚输出高电平，10脚恢复低电平，松开按键C，12脚仍能保持高电平，VT脚则恢复低电平。10、11、12和13脚这种输出关系我们称之谓“互锁存”，简称互锁。

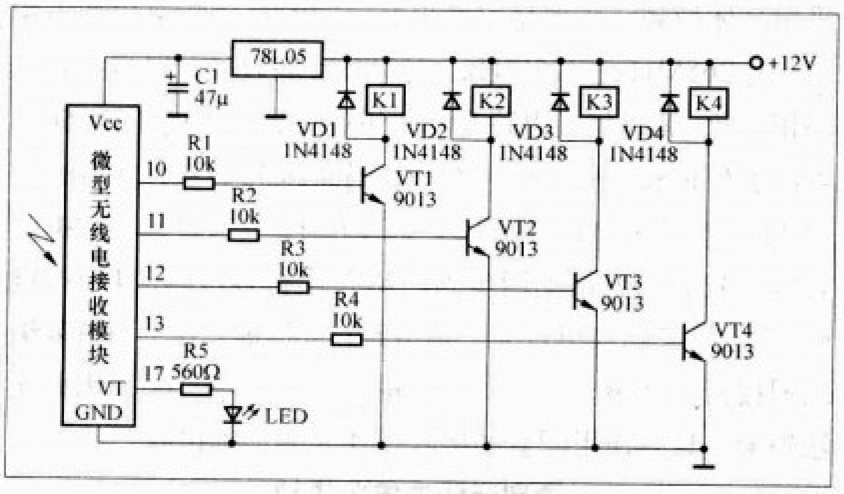


图4

图4是采用A−L4型接收模块与图1所示微型发射机配套构成的四通道无线电遥控开关，由于接收模块正常工作电压为5V，所以电路增设了78L05型三端稳压集成电路为模块供电。当发射机未按任何按键时，接收模块10～13脚均为低电平，继电器K1～K4均不动作，若想使第四路继电器K4吸合，只要按一下发射机的D键，接收模块13脚输出高电平，K4吸合，其常开触点闭合，可使被控电器通电工作。同时LED闪亮一下，表示解码有效。由于本电路K1～K4为互锁关系，K1～K4只能有一个闭合，同时电路在保持通电情况下，一旦接收到遥控信号，始终有一个继电器闭合，要全部释放，只有切断电源。

在超再生式微型无线电接收模块中除了互锁存外，也有“非锁”模式，为A − M 4 型。它的解码芯片采用PT2272M4型。所谓非锁存，是指按下发射机A～D键中任一个，对应接收机的解码输出端输出高电平，松开按键后，对应的数据输出脚与解码有效输出端VT一样都恢复低电平，即按下按键，继电器吸合；松开按键，继电器释放，它适合玩具等的遥控电路。

超再生式微型无线电接收模块中还有新品双稳态A−T4型，它的数据输出脚能实现双稳态工作逻辑，即按一下遥控器A键，接收器的第10脚变成高电平并保持，再按一下遥控器A键，接收器的第10脚变成低电平并保持，其他3个通道也是如此，并且相互独立互不影响，它适用于4个独立电器的遥控控制。

超外差式微型无线电接收模块的价格较高，但温度适应性强，工作稳定可靠，抗干扰能力强，产品的一致性好，接收灵敏度为−101dB，且本振辐射低，符合工业使用规范，适合比较恶劣环境下全天候工作。超外差式目前有互锁、非锁两种可供选择。

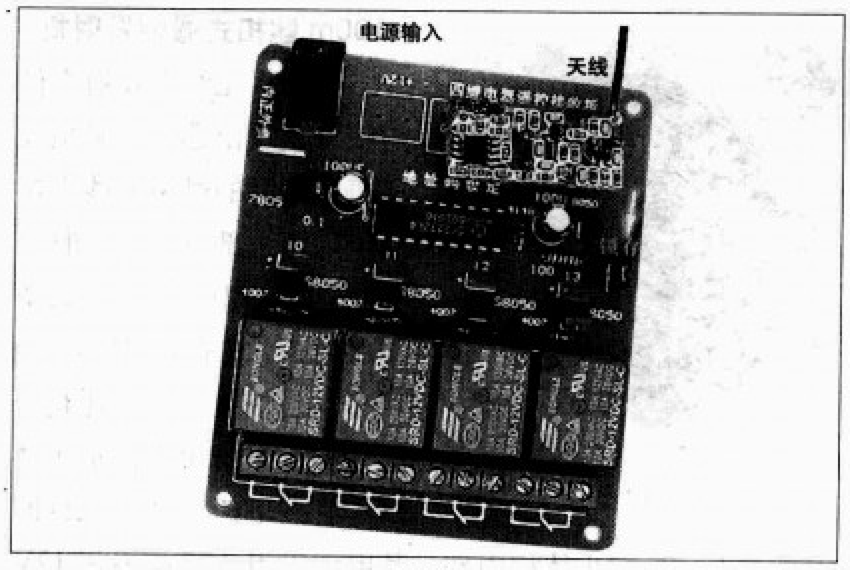
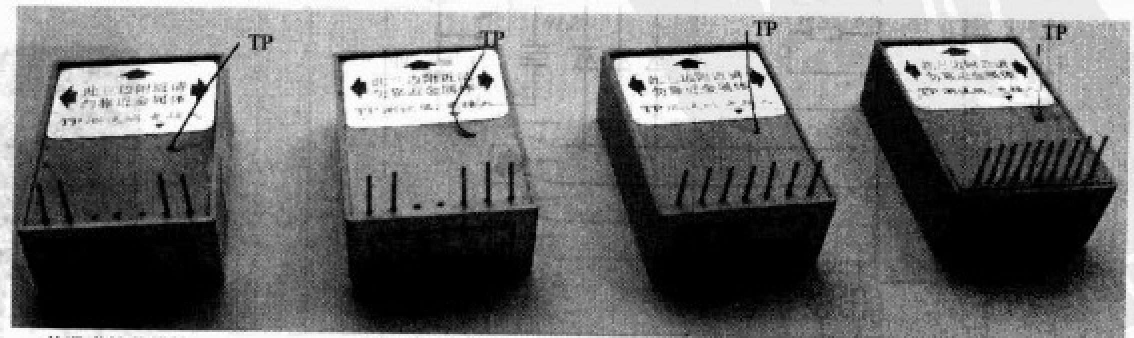


图5

如果读者嫌上述两种模块要自行连接线路与购置继电器麻烦，可直接选用已装配有继电器的接收组件板，图5是其中一款实物照片，电路板上已装配了4只触点容量为5A、AC220V的继电器。接上12V电压即可正常工作，图中白色箭头所指为“跳线帽”，用于切换选择“锁存”或“非锁”模式，戴上跳线帽为锁存，拔去为非锁。在每个继电器上方都有一个对应的红色发光二极管来指示继电器的工作状态，所以使用十分方便。在继电器接收组件板中还有可直接用220V



单通道接收模块　双通道接收模块　四通道接收模块　四通道滚动码接收模块

图6

供电的电路板以及单继电器板、双继电器板等。

通用型匙扣式无线电发射组件与接收模块

目前匙扣式无线电发射组件与接收模块品种繁多，仅按通道数区分就有1位、2位、3位、4位、6位、8位及12位等数种，按发射机外观、编码方式和遥控距离来分有上百个品种可供选择。题图是目前使用较为普遍的1位、2位、3位和4位匙扣式微型发射机，其中应用最为广泛的是4位发射机。

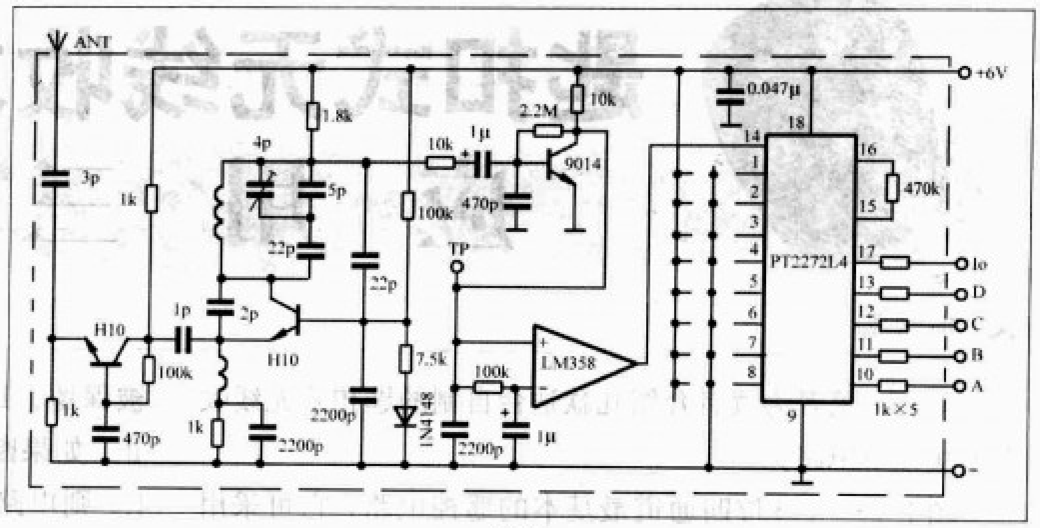


图8

配套的微型无线电接收模块如图6所示，它体积小巧仅47mm × 32mm × 16.5mm，比一个火柴盒还小。图7是普通四通道接收模块和四通道滚动码接收模块的端面图。

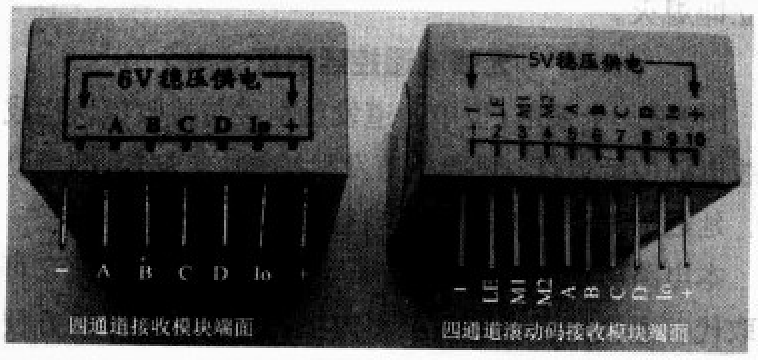


图7

由图可见，对于普通四通道接收模块有：−、A、B、C、D、I_o和＋共7个引出脚，其中“−”与“+”分别为电源负端与正端，电源电压为6V，也有的模块为12V；A～D为四位数据输出脚，它们分别对应发射机上的按键A～D，输出关系为互锁存，输出高电平电位4V左右；I_o为解码有效输出端。对于三通道，只是少了一根D脚；双通道少了C、D两脚；单通道数据输出脚只有A。对于6通道，数据脚多了E、F，8通道与12通道以此类推。对于滚动码接收模块除了上述引脚外，还多了记忆/擦除脚LE和输出方式设置脚M1、M2，其功能是：LE通过外接按键短时间接地后的5s内，为写入记忆状态，此时I_o端所接发光管闪亮5次，5s内未输入密码即停止记忆功能。如果持续接地时间大于15s，发光二极管亦持续点亮15s而熄灭，表示内存密码已被擦除。当M1单独接地时，A、B、C、D数据端处于与发射机同步的非锁输出模式；当M2单独接地时，A、B、C、D数据端处于双稳态（即自锁存）输出模式；当M1、M2都悬空或都接地时，A、B、C、D数据端处于互锁存状态。

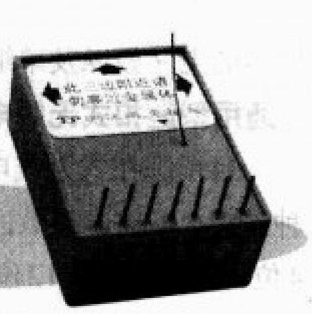
在接收模块的引脚面腹部有一根短引线为测试端TP，专供测试用，安装时应悬空处理。大多数型号的接收模块都采用内置天线，但有少数型号在引脚对面有一根短天线伸出，应根据说明书添加天线。

接收模块内部一般由接收天线、检波放大、选通放大、放大整形和数字解码等几部分组成，图8是典型四通道微型无线接收模块的内电路结构。解码芯片采用PT2272L4型，所以数据输出端A～D为互锁存输出，地址端（A0～A7）即1～8脚的电平状态必须与匙扣式发射机完全一致，否则无法解码输出。不同型号接收模块的内电路各有差异，但都与各自的发射机相配套，有的还设置了稳压电路，所以供电电压范围较宽。对于滚动式编解码发射组件和接收模块，在接收模块中设置有滚动式解码电路等。附表给出几款常见配套的通用型匙扣式无线电发射组件与接收模块的主要参数与功能供读者选型参考。

附表 通用型匙扣式无线电发射组件与接收模块主要参数与功能

简述	型号		工作电压（V）		工作电流（mA）		工作频率 (MHz)	开空地遥控距离 (m)	通道数
	发射	接收	发射	接收	发射	接收			
TWH常规型	9236	9238	12	6	6	< 1.5	265	> 50	1～12位可选
	9236	9238C	12	6	6	< 1.5	265	> 100	1～12位可选
	9636	9638	12	9～14	6	< 4.5	265	> 50	1～12位可选
	9636	9638C	12	9～14	6	< 4.5	265	> 100	1～12位可选
	9236A	9238	12	. 6	12	< 1.5	225/265/310	> 100	4位
	9236B	9238B	12	6	6	< 1.5	265/310	> 50	4位
	9636B	9638B	12	9～14	6	< 4.5	265/310	> 50	4位
	9236D	9238D	12	6	12	< 1.5	265	> 150	4位
	9636D	9638D	12	9～14	12	< 4.5	265	> 150	4位
	9236G	9238G	12	6	12	< 1.5	265	> 150	12位
高性能型	T996	T998	12	6	6	≤ 3	315/418	> 60	4、6位
	T996	T998C	12	12	6	≤ 5	315/418	> 100	4、6位
	TX315B1	TX315B1	12	5.5～20	< 20	2.5	315	> 150	4位
	TX315B2	TX315B2	12	5.5～20	< 20	2.5	315	> 250	4位
中距离型	T92AW	T2068CK	12	6/12	20	6/5	315/418	非锁200/互锁300	4位
	T94AW	T2068CK	12	6/12	25	6/5	315/418	非锁350/互锁500	4位
滚动式编解码型	TH9736	TH9738	12	5/12	3	1.5/5	315/418	非锁40/互锁60	4位
	TH9736A	TH9738	12	5/12	3	1.5/5	315/418	非锁50/互锁80	4位
	TH9736B	TH9738	12	5/12	20	1.5/5	315/418	非锁60/互锁100	4位
	TH9736	TH9738C	12	5/12	3	2/6	315/418	非锁50/互锁80	4位
	TH9736A	TH9738C	12	5/12	5	2/6	315/418	非锁80/互锁120	4位
	TH9736B	TH9738C	12	5/12	20	2/6	315/418	非锁80/互锁120	4位

匙扣式无线收发模块应用三例



文 / 陈有卿

本文，笔者为读者介绍几款适合自制的匙扣式无线收发模块应用电路。

图1是一个4位四通道最基本的遥控电路，它可采用上文附表列举的常规型或高性能型中任一款配套的发射机与接收模块组成。当按下发射机A～D中任一个按键，接收模块相对应数据锁存输出端A～D中某一个输出高电平，同时I_o也输出高电平，接在该数据输出端的发光二极管LED点亮发光。松开发射按键，I_o恢复低电平，但数据输出端电平

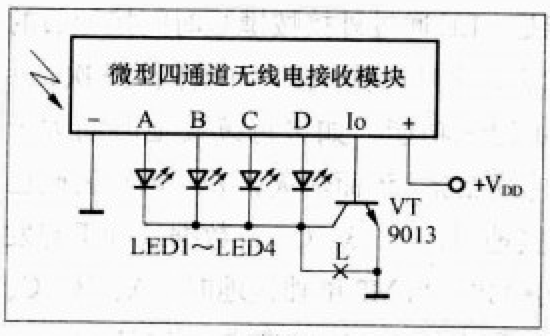


图 1

被保留，LED仍发光，直至再按下发射机另一个按键为止。如果断开电路三极管VT集电极与发射极之间的连线L，则电路由原来的锁存输出改为非锁输出。因为按下任一个按键，I_o均输出高电平，VT导通，它为LED点亮提供了必要条件。松开发射按键，虽然数据输出端仍保持高电平，但I_o恢复低电平，VT截止，所以LED也随按键松开立即熄灭。

无线电遥控延迟灯

图2是一个采用1位单通道发射组件与接收模块构成的无线电遥控延迟灯，只要按下发射按键，电灯EL即点亮发光，延迟1min左右灯EL便自行熄灭。

本电路与220V交流电网采用两线制接法，因此它可直接取代普通机械开关而不必更改室内原有布线，以方便安装。它的电源电路设计比较特别，能确保晶闸管VTH在开通或阻断时，C3两端均能输出6V直流电压供接收模块与CD4011集成电路用电。

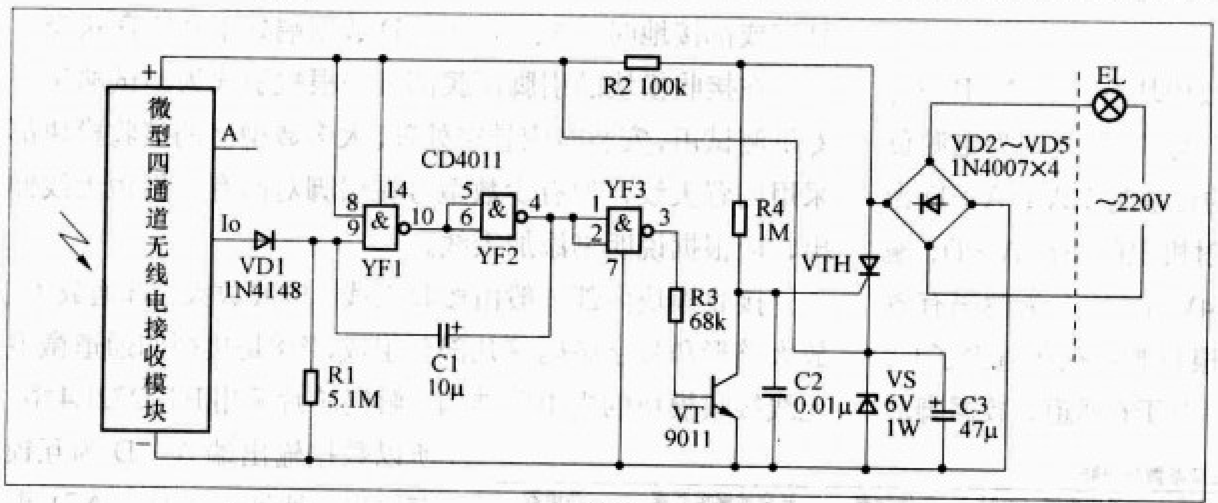


图 2

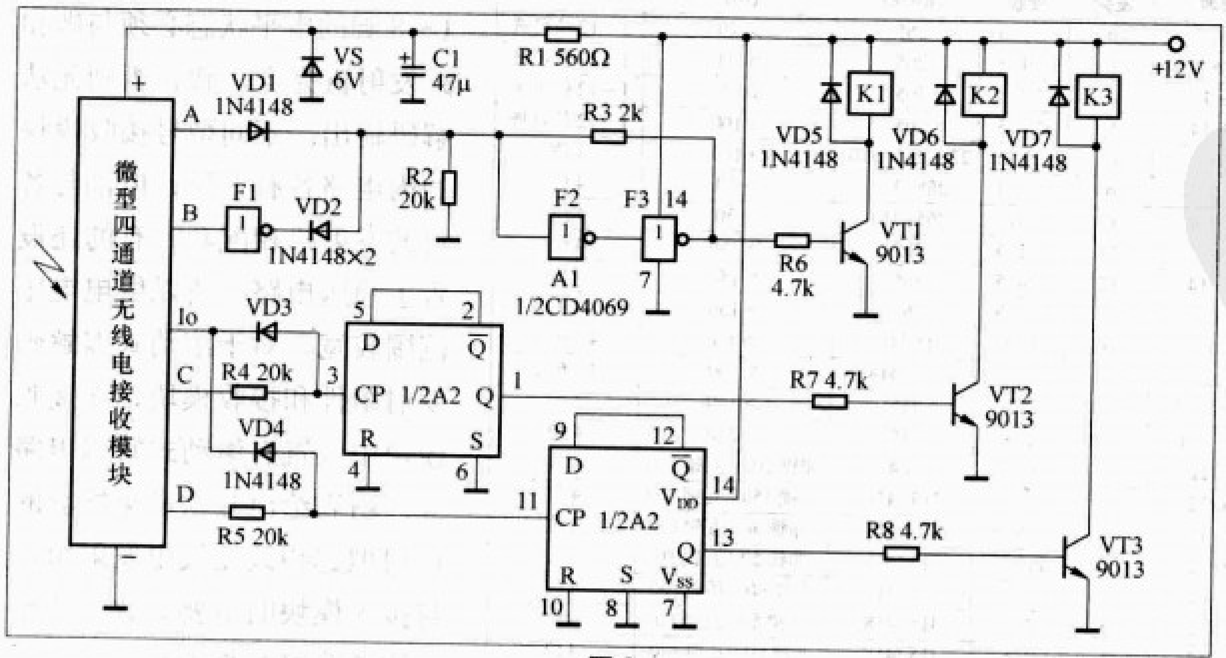


图 3

图中，与非门YF1、YF2组成单稳态电路，与非门YF2和与非门YF3的输入端都采用并联接法，作反相器即非门使用。电路的延迟时间主要由R1、C1的时间常数决定，可根据需要进行调整，图示数据1min左右。

由于本电路只使用无线接收模块的解码有效输出端Io，并没有使用数据输出端，所以本电路也可采用上文附表中任一款常规型或高性能型的配套无线发射组件与接收模块，对于多通道的发射机，只要按动任一个发射按键即可。有一点需注意，本延迟灯的负载能力除与VD2～VD5、VTH电流容量有关外，主要是受稳压管VS的制约，所以EL的功率不宜超过40W。

独特的三通道无线遥控开关

图3是一个设计独特的三通道无线遥控开关，它采用一路“开”、“关”双控与二路双稳自锁控制。遥控发射组件与接收模块应采用4位四通道组件与模块，它的控制特点是：继电器K1由发射机的A键与B键控制，按一下A键，K1吸合；按一下B键，K1跳开。继电器K2由发射机的C键控制，按一下C键，K2吸合；再按一下C键，K2跳开。继电器K3则由发射机的D键控制，按一下D键，K3吸合；再按一下D键，K3跳开。

电路工作过程

按下发射机A键，接收模块的数据端A输出高电平，二极管VD1导通，输出高电平经非门F2、F3两级反相后仍为高电平，三极管VT1导通，K1通电吸合。同时F3输出高电平经R3反馈至F2的输入端使电路自保，因此不会因按动发射机其他键（如按动C键或D键），因数据端A变为低电平，使电路状态发生变化，VT1仍能保持导通，K1仍可靠吸合。要K1释放，只有按下发射机的B键，数据输出端B输出高电平，经非门F1反相变为低电平，VD2导通，就将非门F2输入端下拉为低电平，经F2、F3两级反相仍为低电平，VT1截止，K1失电释放，同样F3输出低电平也通过R3反馈使电路自保，不会因为发射机按动C或D键而改变K1状态。

数据输出端C、D分别经电阻R4、R5加至由D触发器构成的双稳态电路的CP端，并配合解码有效输出端I_o及二极管VD3、VD4构成每按键一次就向双稳态电路CP端输入一个脉宽长度等于按键时间正脉冲的触发电路，使双稳态电路发生一次翻转从而实现对K2、K3的双稳控制。

VS、C1和R1构成稳压电路使接收模块工作在正常电压下，如果采用T998C、TX315B2型等接收模块，则可省去它们，直接用12V供电。

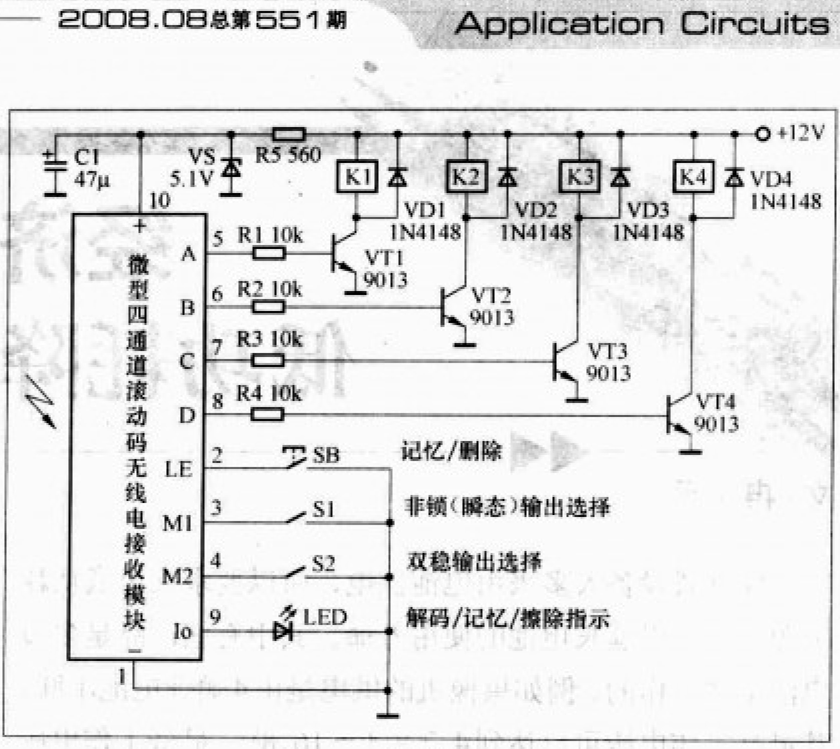


图5

图4是一个扩容电路能将4位四通道扩展为15通道，且每通道都采用双稳自锁控制方式。电路主要运用CD4514进行二次译码，它的15个输出端分别送入由CD4013中D触发器组成的双稳态电路的CP端，使各自的输出端Q处于双稳工作模式，使K1～K15十五个继电器各自独立控制互不干扰。整机供电采用WH0812型AC/DC电源变换模块，它能将220V交流电压直接变换为12V直流电压，以简化线路。78L06三端稳压集成电路输出6V稳定直流电压主要供接收模块与CD4514用电。

发射机上的A、B、C、D四个键分别代表1、2、4、8四个数码，如果要遥控第3路，只要同时按下发射机的AB两键（1+2），并同时松开，则继电器K3吸合；再同时按下发射机的AB两键，并同时松开，K3释放；如果同时按下ABCD四键（1+2+4+8=15）并释放，继电器K15吸合，重复一次，K15跳开。

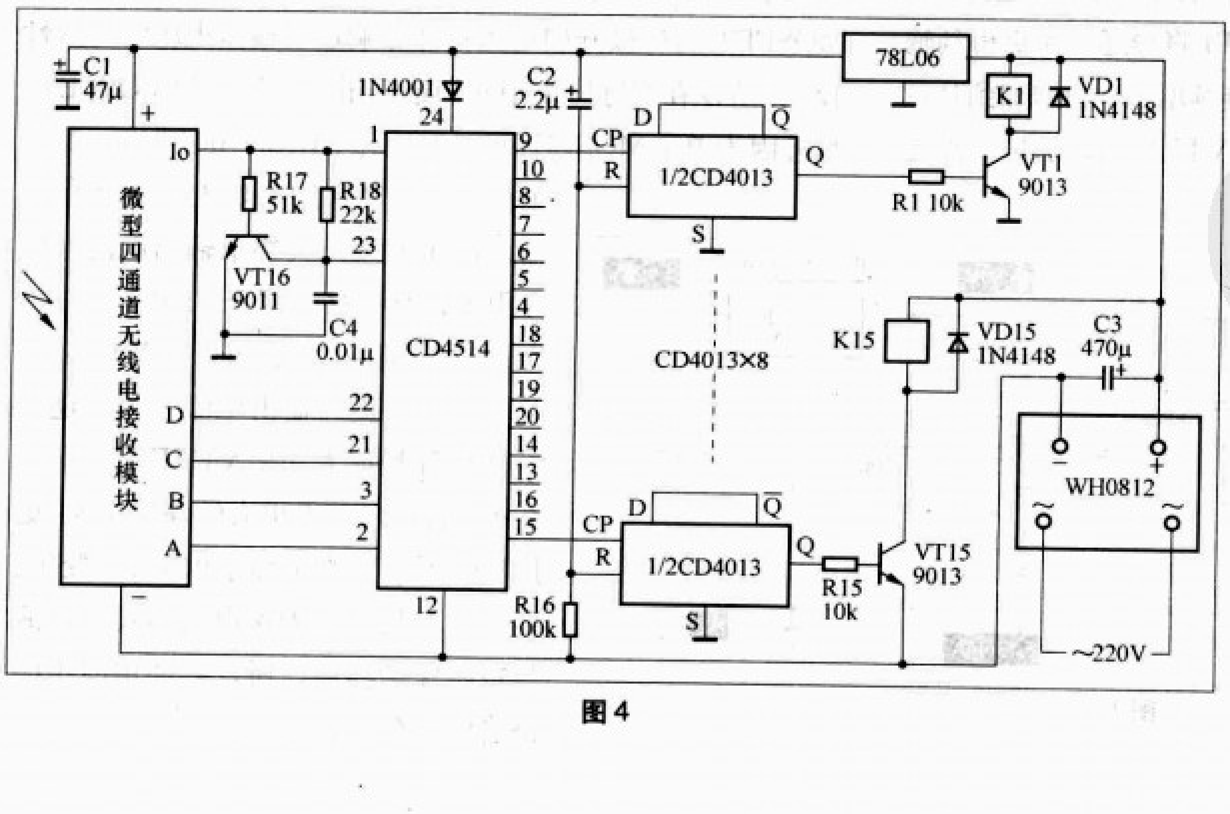
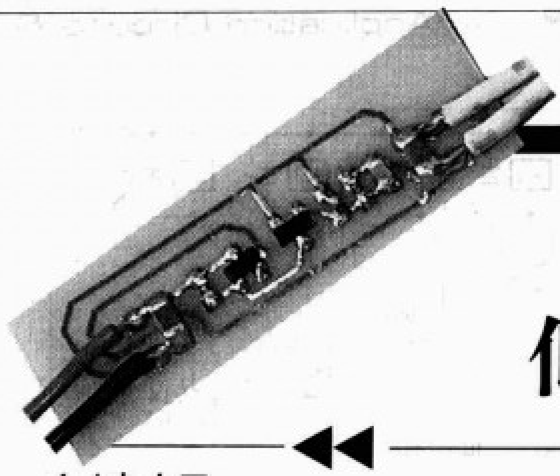


图4

四通道滚动式编解码无线电遥控电路

图5为四通道滚动式编解码无线电遥控典型应用电路，接收模块的数据端A～D输出的高电平分别通过电阻R1～R4加到三极管VT1～VT4的基极，以控制继电器K1～K4吸合动作。其执行状态（互锁、非锁、自锁）可通过开关S1、S2随意设置，SB为记忆/擦除按键。这个电路配合上文附表中TH9736滚动码匙扣式微型发射机可构成一套高可靠性滚动式无线电遥控收发设备。



经济实用的低功耗降压稳压电路

文/冉小平

便携式设备大多采用电池供电，所以要求采用低功耗电源设计，以延长电池的使用寿命。其中有些产品是多节电池串联工作的，例如摄像机的供电是由4颗锂电池串联，其最高工作电压可以达到4.2×4=16.8V，最低工作电压可以达到3×4=12V。但在这些产品中，有些IC的工作电压是需要稳压的，例如单片机或者一些信号处理IC，就需要稳定的3.3V±5%或者5V±5%电压，这就需要一个低功耗的降压稳压电路。一些高端产品对产品成本控制得不是很严，采用了现成的低功耗低压降稳压器。但在一些低端的消费性产品中，低功耗的低压降稳压器价格是我们不能接受的，基于这个原因笔者设计了这款电路，并成功应用于摄像机电池状态指示电路中。如果将原理图中的R3换成可调电阻，它就成了一个可调电压的稳压电源。

本电路利用N型MOSFET的栅极开启特性来稳定输出电压，电路图如图1所示。在电路设计前我们应该先了解一下图中VT1的栅极开启电压是多少。笔者查阅了SN7002N的数据手册（www.datasheetcatalog.org/datasheet/infineon/1-SN7002N_030403.pdf），了解到在25℃工作环境下，其最小开启电压为0.8V，最大为1.8V，典型值是1.4V。在这里笔者取典型值1.4V来设计的。稳压过程大致为：当开机瞬间，A点电压为0V，所以B点电压也为0V，VT2不导通，则C点为高电压，VT1将导通，A点得到输出电压。然后A、B两点的电压将持续增加，当增加到B点电压达到VT2的最小开启电压时，VT2导通，于是C点电压变低，VT1截止，A、B两点的电压被迫降低。当B点的电压下降到VT2的最小开启电压时，VT2不再导通，于是VT1再次导通，这个过程一直重复，所以A点的电压是稳定的。其中A点的输出电压等于“(R2/R3+1)×开启电压”，按电路图中的元件值，则A点的输出电压为(4.7/2+1)×1.4=4.69V。通过实际的电路测试，在其他条件一定的情况下，用5颗不同的VT2，测试A点的电压结果是：4.61V、4.63V、4.65V、4.55V、4.61V。因为MOSFET工作时需要很低的工作电流，所以电路实现了低功耗的目的，从Pspice的仿真结果来看，待机电流只有3.676μA，实测时因为笔者的数字电表没有这么小的量程，数字电表读到的电流为0.00mA。

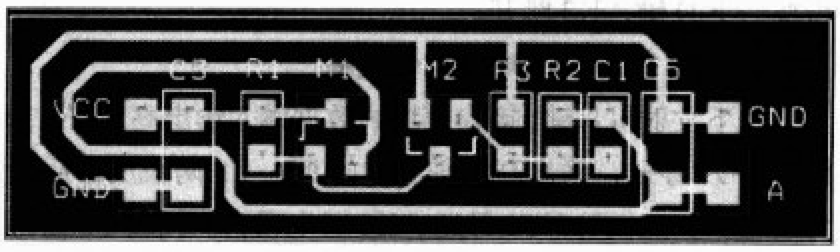


图2

当使用LM7805降压电路时，待机电流是5.136mA。C1的作用在于抑制刚开机时A点的电压快速升高，可以认为是实现了延迟开机的作用。该电路的缺点是，A点的电压会因MOSFET的G极开启电压特性影响造成输出电压的一致性较差，所以在实际应用中我们最好用同一批次的MOSFET。另外因为单个MOSFET的功耗有限，以SN7002为例，25℃工作环境下功率约为0.36W，所以在输入电压很高、又要求输出电流大的应用中，要注意让MOSFET工作在安全的功耗范围内，也可以将VT1多个并联应用来提高输出电流。另外还可以将VT1换成大功率MOSFET，这样在A点就可以获得更大的输出电流，更换VT1不会导致A点的电压发生变化。要注意的是，因为该电路不具有过流与短路保护功能，所以在使用时不能将输出短路。

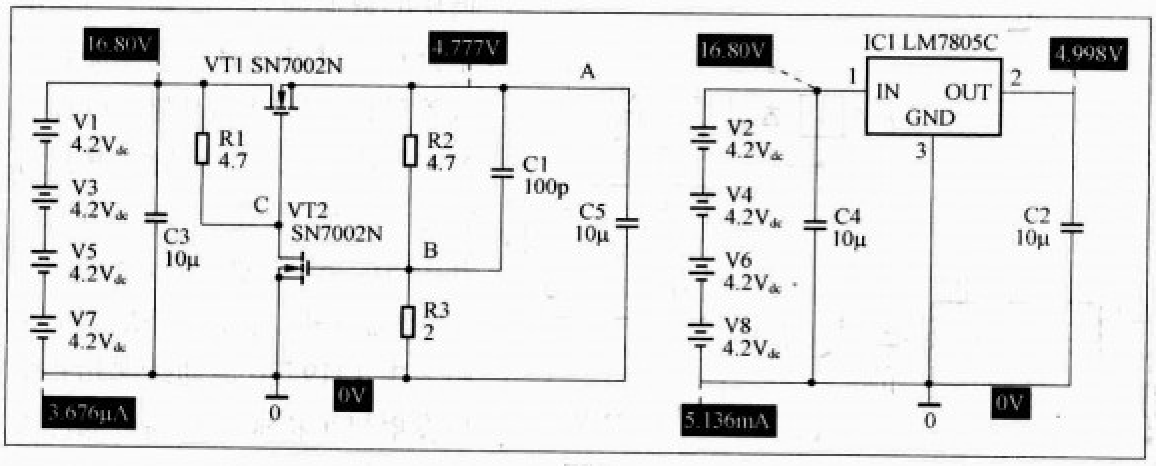
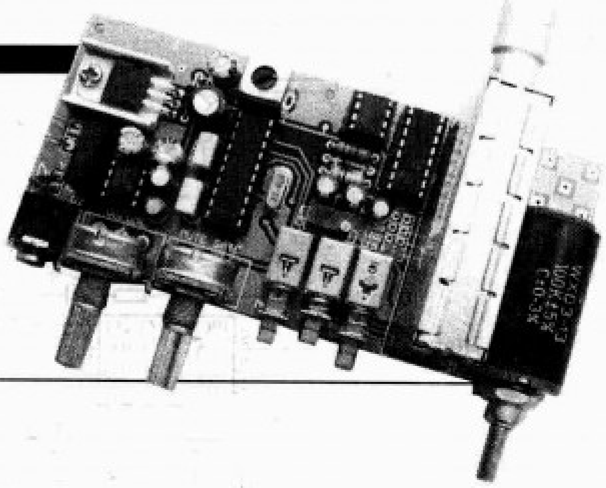


图1

用NE605制作宽频带调频接收机



文/苏林 许岩

笔者最近制作了一款宽频带调频接收机，采用的是电视机通用的全增补高频头及具有“从射频输入到音频输出”功能的高性能FM接收专用集成电路NE605，电路简单、调试方便、性能稳定和价格低廉。本机可接收45~870MHz范围内的调频信号，可用于收听调频广播、电视伴音信号等，也可以扩展作为电视信号场强仪使用。

一、NE605简介

NE605是PHILIPS公司生产的高性能FM接收器芯片，它通过对FM射频信号混频、中放、限幅和鉴频，从而得到音频（静噪和非静噪两种方式）输出，并可对接收信号强度进行指示。由NE605构成的FM接收机，已广泛应用于移动通信和射频电平表中。

二、工作原理

电路原理图见图1。整机由高频头、NE605（混频、中放、限幅和鉴频、音频输出、静噪、RSSI）电路、音频功放电路、波段切换电路、供电电路、调谐电压DC-DC转换电路等组成，构成典型的二次变频超外差接收头。第一中频可在31.5~38MHz之间选择（本机选为32.455MHz），第二中频为标准的455kHz。由于NE605灵敏度可达0.22μV，故可省去第一中放，进一步简化电路。

信号通道：NE605的内部混频器有两个RF输入端（引脚1和引脚2），可以选择平衡的RF匹配网络。很明显，匹配网络越好，接收机的灵敏度就越高。本文中采用了单端匹配方式。天线接收到的微弱调频信号在高频头内经高频放大、变频，由IF端输出32.455MHz第一中频信号，经选频匹配网络C9、C10、L2送入IC2，在IC2（NE605）内部与32.000MHz第二本振混频，产生455kHz第二中频信号，第二中频信号经由三端滤波器FLT1滤波，送入IC2中频放大器对第二中频信号进行放大，再经由三端滤波器FLT2滤波后送入限幅器。限幅器用来对中频放大器输出的信号限幅，其输出中的一路接内部鉴频器，以得到音频输出信号，解调后的音频信号经IC5（LM386）放大后驱动扬声器或耳机，另一路则送入RSSI电路。

RSSI电路：RSSI（接收信号强度指示器），通过它的输出提供一个电压电平来判断接收信号的好坏，电压越高，信号越强。RSSI输出是一个电流-电压变换器，需要一个91kΩ的电阻，将限幅器的限幅量进行对数放大，该信号由IC2的第7脚输出，实现输入幅值20dB变化都能获得0.5V的输出特征，从而获得与输入射频电平成正比的电压信号。因为限幅器上未经滤波的信号、寄生信号或再生信号都将影响RSSI，所以对于确定布线稳定性来说，RSSI也是一个良好的指示器。当没有信号施加到NE605前端时，RSSI电压应当小于或等于250mV。如果输出电压较高，则说明PCB板布线不合理，存在寄生振荡或再生问题。

供电电路：由LM7805及外围元件组成，为整机提供5V工作电压。

调谐电压DC-DC转换电路：由MC34063及外围元件组成，向高频头提供30V的调谐电压。

波段切换和指示电路：由IC1（CD4017）及外围元件组成L、H、U三波段轻触式电子转换电路。非锁存开关S1为波段切换开关，IC1（CD4017）接成三位计数电路，每按一下S1，CD4017的Q0~Q2端轮流输出高电平，经开关三极管VT1~VT3控制高频头，依次切换L、H、U三个波段，3个发光管LED1（红色）、LED2（黄色）、LED3（绿色）分别指示对应的工作波段。

波段扩展电路：为提高调谐精度，本机调谐电路采用了10圈电位器。但由于接收频率太宽，实际调谐精度仍然偏低（每圈高达10~40MHz）。为进一步提高调谐精度，可通过一只2×2的自锁开关S3和分压电阻R15、R16、RP1，将L、H、U三频段的每一段再划分为高、低两段，从而使调谐精度提高一倍（达到每圈5~20MHz），这个调谐精度已优于手动调谐的调频收音机。

静噪控制电路：S2为静噪-非静噪选择开关，RP2为静噪门限调整电位器。S2未按下时，其一路开关将音频功放电路接入NE605的非静噪音频输出端，另一路开关将NE605的5脚接地；按下S2时，其一路开关将音频功放电路接入NE605的静噪音频输出端，另一路开关使RP2接入工作，RP2中点输出的电压即用来控制静噪门限。

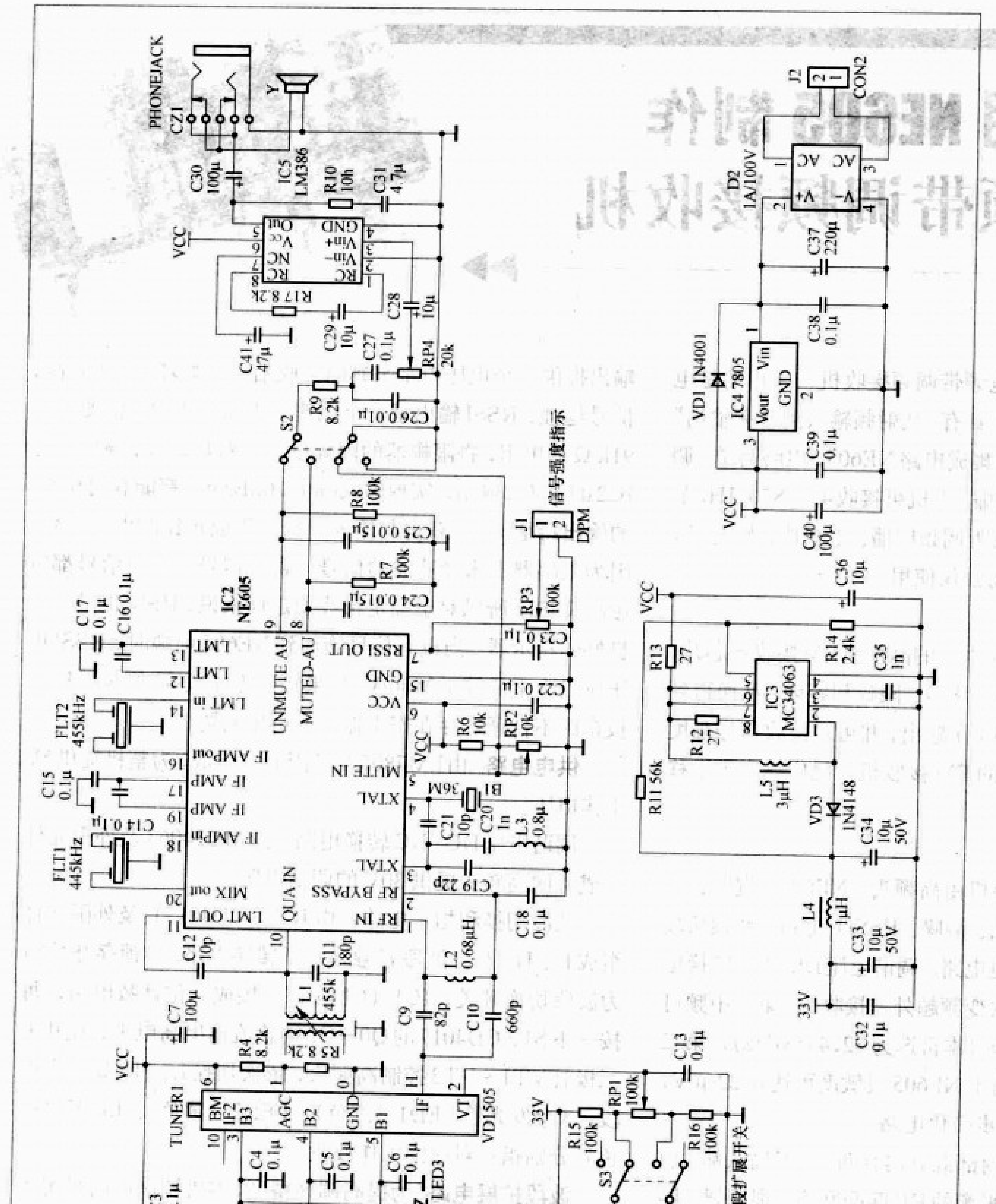


图1

三、元器件选择

高频头是接收机最重要的部件，直接影响接收性能。专用高频头性能好，但因价高难购，业余制作中只好选用常见的电视机全增补高频头。全增补高频头的品种较多，电路各异，分立元件类的灵敏度较低，不可选用，应选择以TDA5300T系列为主，5V工作电压的大厂优质品。笔者使用的是上海画佳VD1505-VLBN7高频头。选用高频头不同，接收频率覆盖范围会略有区别。

由于对音质要求并不高，音频功放采用价廉易购的LM386。调谐电位器RP1选用100kΩ的多圈电位器。如选用带指针的优质多圈电位器，还可以通过指针大概了解接收频率。

电感线圈质量对接收质量有非常明显的影响，应选用高Q值的优质电感。L1可用455kHz收音机用成品中周，L2、L3采用0805封装的成品绕线式贴片电感（Q值≥40）。采用成品电感可以大大降低手工绕制线圈的难度。

天线质量的好坏也直接关系到收听的质量，以及灵敏度等指标。在要求不高的情况下可以选用1.5m拉杆天线，适合收听本地调频广播和通信信号。如果要接收远程信号，就必须选用室外天

线。收听远程调频广播，最好选用调频广播频段专用的室外天线，如要兼收通信信号也可选用全频段电视天线，不过在灵敏度、选择性方面要差于专用频道天线。

四、制作调试

为降低成本、减小体积、简化制作，采用直插式集成电路和部分贴片阻容元件混装的方式设计PCB。为保证整机可用电池供电，高频头的调谐电压由DC-DC变换器提供。为降低DC-DC变换器产生的高频干扰，制作PCB时应采用双面板，并作大面积孔化处理。制作完成后的实物外观如图2、图3所示。

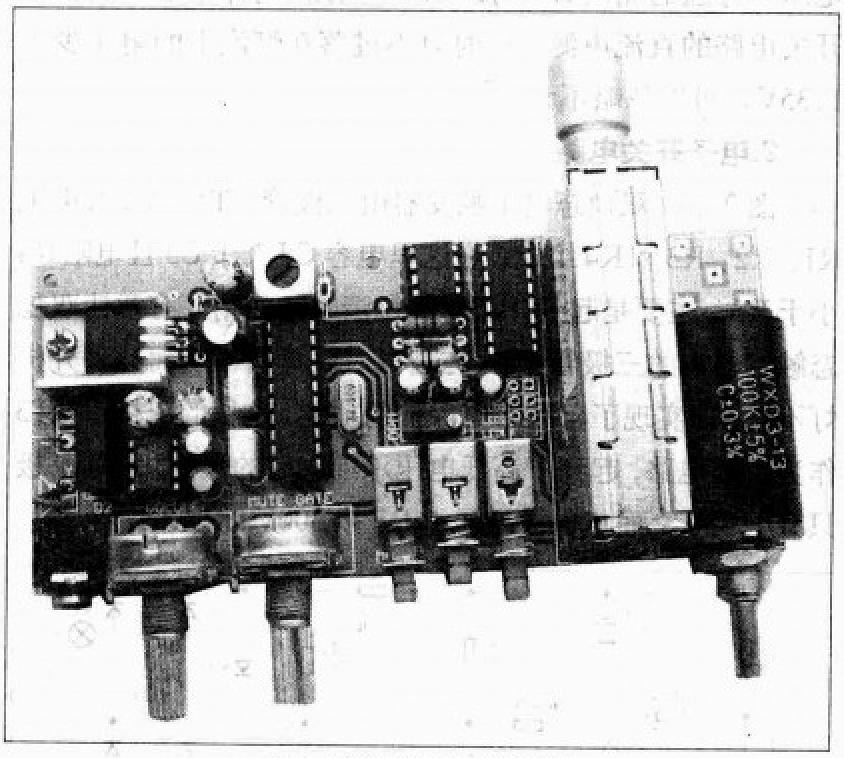


图2 实物外观图（正面）

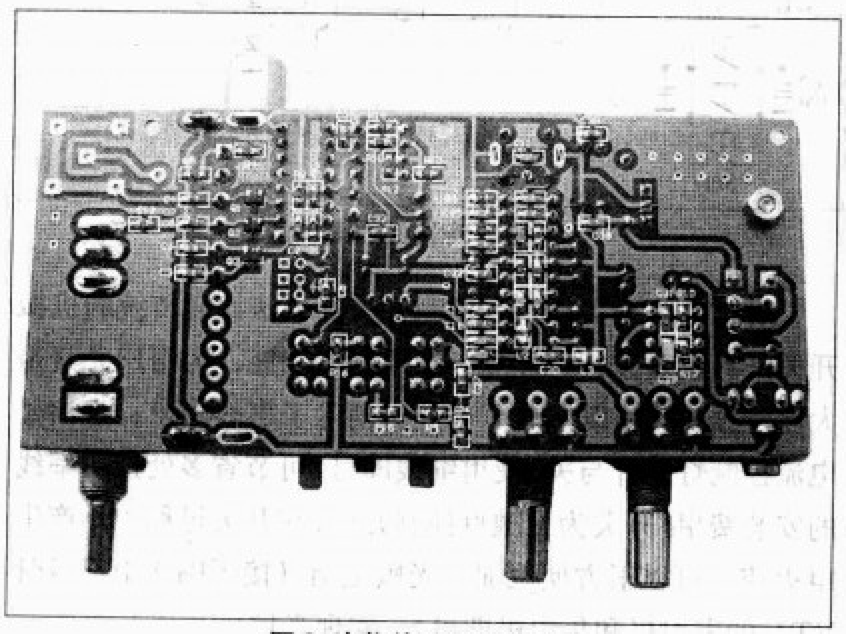


图3 实物外观图（背面）

本接收机的调试重点是C9、C10、L2和L1、C11两个网络，要确保它们分别与第一、二中频相对应。无专业仪器时，可将波段开关置于L段，反复调整调谐电位器RP1和电容C13寻找到正在播放的本地调频广播，再与调整L1配合，使之能收到清晰调频信号即可。注意，调试过程中应使用非静噪模式。

本机未设专门的接收频率指示电路，实际应用中，可用一个30V的电压表头，接到高频头的调谐电压VT端，用于大致指示接收频率。实验中发现，采用电压表头并在调谐电压电路上指示大概频率的方法，会对接收造成一定干扰，所以建议有条件时采用带指针式的多圈电位器，来大概了解接收频率。

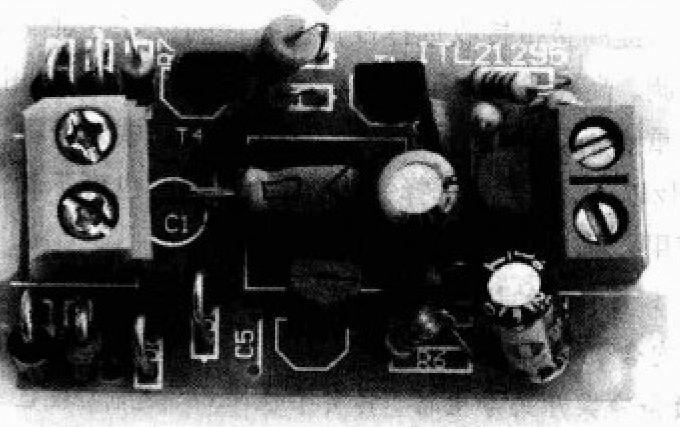
为提高整机接收选择性，有条件的读者可对高频头进行改调。高频头的调整较简单，输入回路、本振不用调整，调整重点是双调谐回路，即将原8MHz的中频带宽压缩到1MHz以下，以提高选择性指标。无仪器时也可不调整而直接使用，只是灵敏度、选择性稍差。

本文用到的NE605是Philips公司生产的单片调频接收电路，内含混频器、振荡器、中频放大器、限幅器、RSSI电路、鉴频和静噪开关等电路。其实早在NE605之前，就已经有许多爱好者使用该系列芯片的早期产品，如NE602（双平衡混频器及振荡器）和NE604（调频中频系统）制作业余无线接收机了，两者与NE605密切相关，可供参考的资料也较多，其后续版本还有性能更优的NE625等。NE605的特点如下：

- 功耗低（在V_{cc}=6.0V，耗电典型值仅为5.7mA）
- 混频器输入频率大于500MHz
- 在45MHz时，混频器的变频功率增益为13dB，噪声系数为4.6dB
- XTAL振荡器频率可达150MHz，LC振荡器频率可达1GHz
- 中频放大器／限幅器增益为102dB
- 限幅器小信号带宽为25MHz
- RSSI电路为带温度补偿的对数电压放大器，动态范围超过90dB
- 具有两种声频输出：即静噪声频输出和非静噪声频输出
- 灵敏度高：在1kHz音频信号（射频为45MHz、中频为455kHz）时，信号与噪声的失零点比（SINAD）为12dB，对于50Ω匹配网络，其灵敏度为0.22μV

从无线对讲机、无绳电话、业余无线电接收机、安防监控系统到无线数传系统等，现代无线电子产品越来越多地用到了调频接收电路。调频接收集成电路向单片化方向的发展无疑能够降低设计开发者的制作调试难度。近年来，包含从天线输入至音频输出的二次变频电路已成为单片调频接收集成电路的发展趋势之一。目前，国内市场上比较有代表性的调频接收集成电路当属MOTOROLA公司的MC3363、MC13535/MC13536和PHILIPS公司的NE605/NE625等系列产品。

不产生电火花的多点控制开关



文/徐文武 蔡本晓 余子正

大部分家庭卧室和厅里的灯常用双联开关，如果需要三处或者更多位置控制灯的亮熄，用普通的机械双联开关难以实现，不过用本文介绍的多点控制开关，就可以轻松实现。该电路由主开关和任意个副开关通过两根细线并联相接，达到在任意多点位置控制灯亮熄的功能，并具有自动断电保护功能，在开关过程中不产生电火花，是一种轻触式电子开关。

多点控制开关的电路框图如图1所示，主开关与副开关以及副开关之间使用两根细线并联连接，任一开关均可控制照明灯电路的通与断，这里的副开关就是一只简单的微动按钮开关。

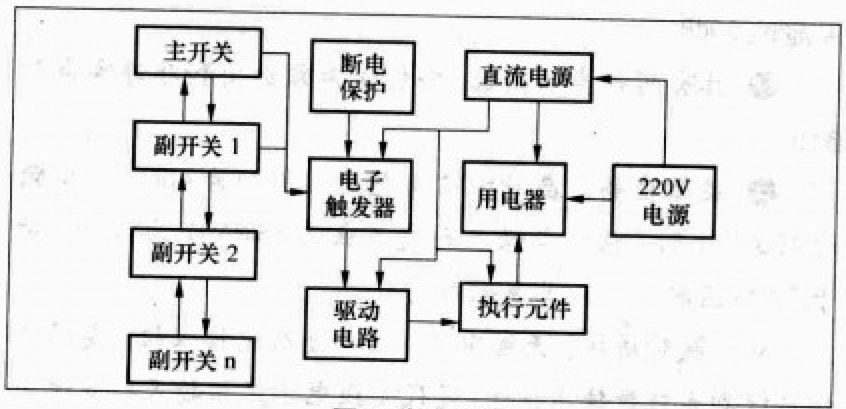


图1 电路框图

电路原理图如图2所示，图2中，三极管VT1、VT2、电阻R1、R2、R3和R4组成了双稳态触发器，电阻R5、电容C2和开关SB1～SBn组成触发开关电路；C3和C4为防干扰电容；电阻R6、R7和三极管VT3组成驱动电路；晶闸管SR作执行元件，它的导通与否决定了灯RL的亮暗。图中其他元件构成电源电路。

1.独特的电源电路设计

本开关的电源设计了动态和守候时段的电源形成电路。整个开关电路的工作电压约1.35V。当电路处于守候状态（即灯不亮）时，晶闸管SR截止，220V交流电通过灯泡RL经二极管VD1～VD4组成的桥堆整流成直流300V，此电压通过电阻R8接入由二极管VD5、VD6串联起来的稳压回路，在二极管VD5的正极上形成了约1.35V的直流脉动电压，通过电解电容C1的滤波，形成供整个开关电路的直流电源；当电路处于工作状态（即灯亮）时，晶闸管SR导通，电压由导通的晶闸管SR接入稳压回路，同样也形成供整个开关电路的直流电源。这时只不过落在灯泡上的电压少了1.35V，可以忽略不计。

2.电子开关电路

图2中，双稳态电子触发器由三极管VT1、VT2，电阻R1、R2、R3和R4组成，在这里电容C4大于C3且电阻R4小于R3，主要是起到开机时复位清零的作用，有意让双稳态触发器内的三极管VT1在开机时就导通，从而达到开机灯不亮，即实现了自动断电保护的功能。这里的三极管VT3作为驱动电路，起到了高低电压承前启后的作用，它的基极只有1.35V，而集电极是通过R7接300V的电压。

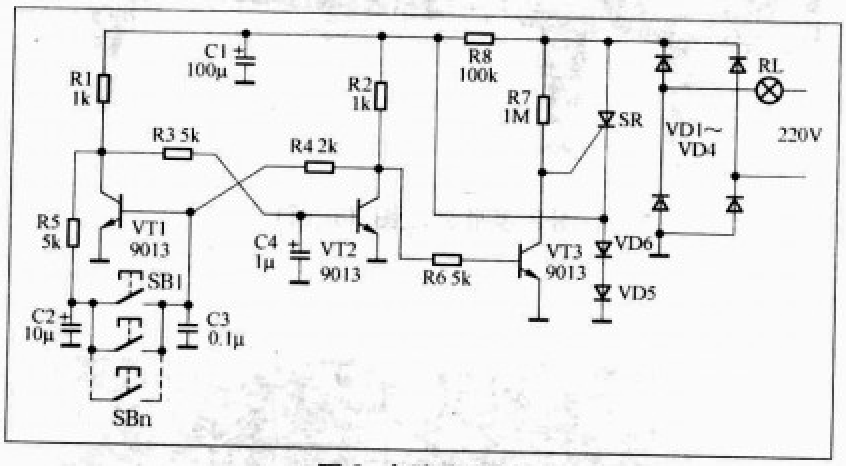
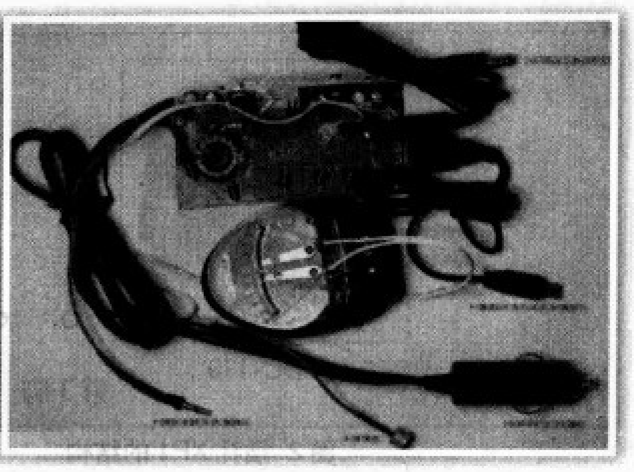


图2 电路原理图

用此电路来实现多点控制开关的方法比起传统的机械开关来有很多独特的优点：断电保护功能，为用户尤其是大专院校的教室既节省了电能又消除了事故隐患；小信号电流控制灯的开与关，使用细线即可，可节省多处拉功率线的安装费用；开关为无触点控制元件，在开关过程中不产生电火花；可以很方便地加入光敏电阻（接于图2中三极管VT3 的发射极和集电极即可），实现光控。

多处控制一盏灯，两根细线就搞定；
任意位置由你选，安装方便人人行；
断电保护功能好，安全省电最要紧；
防爆断燃无火花，油站矿井首选品；
键盘手感做开关，趣味实用利家庭。

自制多功能车用电源



文 / 冉小平

经常出差或者开车出去旅游的朋友，很多时间都是在车上度过的，在车上的时间长了往往会拿出笔记本电脑看电影、用MP3听音乐、打电话同朋友聊天或者玩游戏机等。但这些产品都是用电池供电的，受供电时间的限制。基于这个原因，笔者制作了一台车用的多功能电源，它可以将车上的12V蓄电池电源转换成笔记本需要的19.6V/3.15A，也可以将12V转换成手机、MP3、MP4、游戏机等需要的5V电源，并通过USB方式输出电压，用来给这些数码产品充电。同时也提供一组4.2V电压输出，用来给锂电池充电。另外它还提供一个调频发射器，可以将手机、MP3、MP4、电脑内的音乐通过调频发射，用车上的调频收音机接收并播放。

电路原理

完整的电路原理见图1。电路主要由以下部分组成：

1. 12V升压到19V部分：由IC1、L1、VD1、VT11等组成升压电路。IC1是PWM（脉冲宽度调制）芯片，它让VT11工作在导通与关断模式下。例如IC1输出高电平让VT11导通时，12V电压通过L1、VT11到地形成电流回路。在L1没有饱和以前，L1中的电流线性增加，电能以磁能的形式储存在L1中，在此期间电容C13、C14通过PTC1等对负载供电，电压极性为C13的1脚为正，因为VT11的导通，所以VD1的正极相当于接地，VD1承受反向电压，电容不能通过VT11放电。当IC1输出低电平时，由于L1中的磁场将改变其两端的电压极性，以保持流过L1中的电流

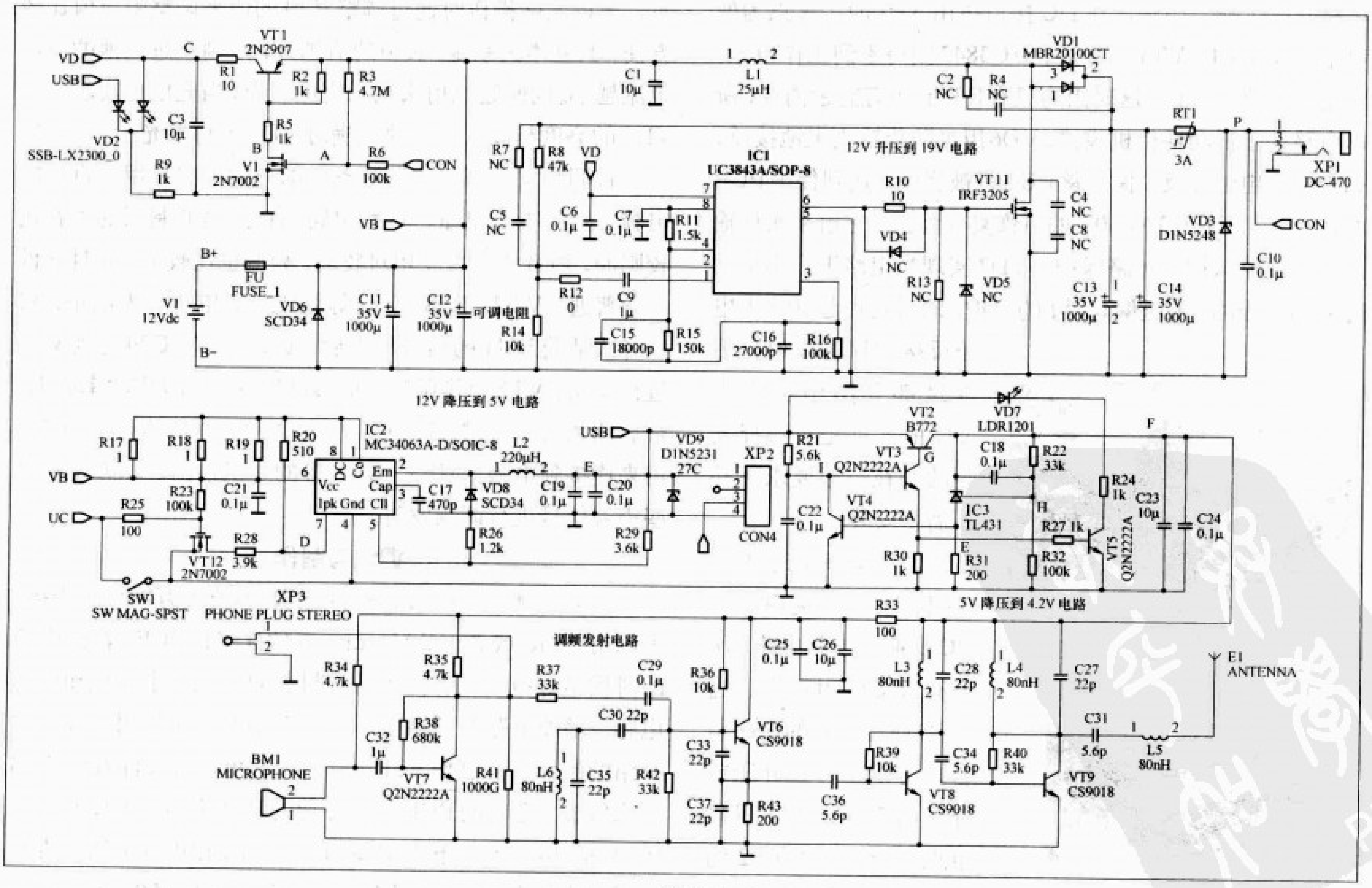


图1

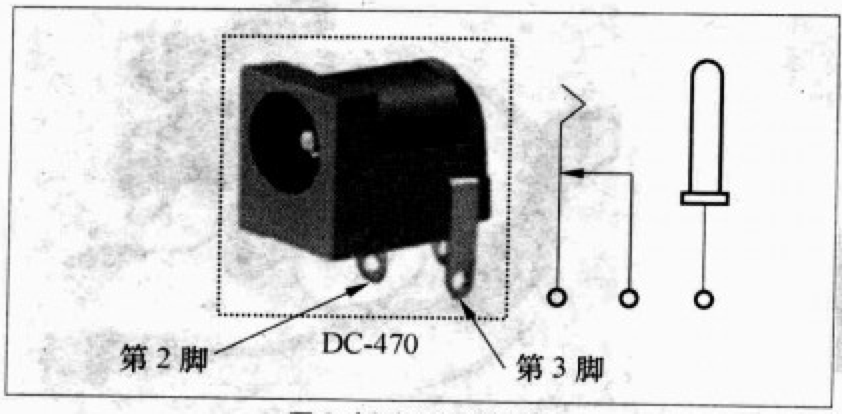


图 2 插孔 XP1 的结构

图 3

不变，这样L1中的磁能转化成电压与12V电源电压串联，于是负载就得到了高于12V的电压。通过调整VT11关断与导通的时间，就可以控制P点输出电压的高低，其计算公式为：P点电压＝（*R*8 ÷ *R*14 + 1）× 2.5。例如联想的笔记本电脑，需要19.6V的电压，所以此时需要将R14调整到约6.8kΩ。R11、C15、R15等决定了V1的开关频率。VT1、V1、VD2、XP1（XP1的结构见图2）组成一个待机识别电路，当有输出线DC接口（见图3）插入到XP1时，XP1的第2脚与第3脚将不导通，此时A点为高电平，所以V1、VT1导通，UC3843得到工作电压，并通过VD2指示升压电路开始工作。当输出线DC接口拔出XP1时，A点为低电平，所以V1、VT1不导通，UC3843因得不到工作电压，升压电路停止工作，这时因为只有R3与R6有能量消耗，所以电路处于低功耗待机模式。VD6用来防止输入电池接反，如果输入电池接反，保险丝FU1将被烧毁，达到保护PCB的目的。PTC1为3A/60V的可恢复保险丝，它用来实现输出电流过流保护与短路保护。VD3实现当电路工作不正常时（如出现输出电压偏高时）的保护，同时它也起到输入电压反接的保护作用。另外这部分图中标识为NC的元件是可选择安装的，在一般要求下并不需要安装。

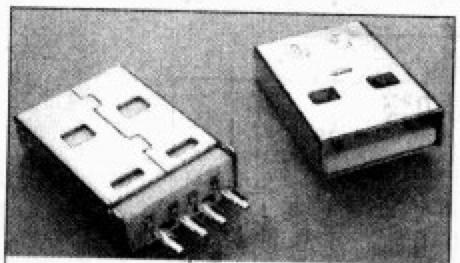


图 4

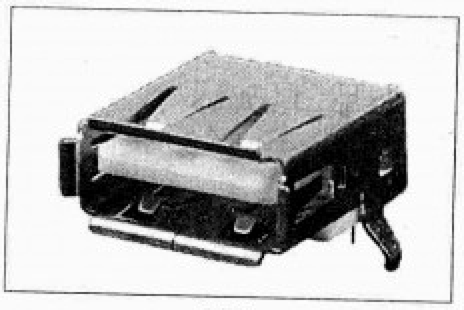


图 5

2. 12V降压到5V部分：IC2是一个通用DC/DC变换器控制电路，网上有很多应用资料。这个IC通过不同的电路组合，可以工作在升压或降压的模式。在这里只重点介绍一下VT12的作用，VT12配合XP2用来实现低功耗待机模式。当有USB输出线(见图4)插入XP2(见图5)时，XP2的3脚与4脚短路，VT12不导通，D点工作电压正常，IC2正常工作并通过USB输出电压，并用VD2来指示工作状态。当没有USB输出线插入XP2时，D点电压被拉低，IC2不工作，实现低功耗待机。E点的电压＝1.25 ×（*R*29 ÷ *R*26 + 1），以图中为例，则E点的输出电压为1.25 ×(3.6 ÷ 1.2+1)=5V。VD9的作用是用来防止这部分电路工作异常时输出电压过高的保护。

3. 5V降压到4.2V部分：当合上SW1或者USB输出线插入到XP2时，IC2开始工作，E点有5V电压输出。当刚开机时，F点电压为0V，此时H、E电压为0，VT4不导通，I点为高电平，VT3、VT2导通工作，F点电压逐步增加，当增加到H点电压等于3.2V时，IC3导通，E点电压升高使VT4导通，VT2、VT3将不导通，F点电压下降，当降到H点电压小3.2V时，IC3不再导通，E点电压变低，I点电压变高使VT2导通工作，F点电压再次增加，这个过程一直重复下去，所以F点的电压是稳定的。F点的输出电压＝3.2 ×（*R*22 ÷ *R*32 + 1）。以图中为例，则F点的输出电压为3.2 ×(33 ÷ 100+1)=4.256V。R30用来提供过流与短路保护，它的作用是限制充电时流过电池的最大电流，不过过流保护的值同VT2的β值（直流放大倍数）也有关系，所以实际操作时通过调整R30的值来调整限流值比较方便，其基本关系是：R30的值越大，限制流过电池的充电电流越小。同时它也用来指示充电状态，当充电电流越大时VD7的亮度越高，当电池充满时VD7不再发光。

4. 调频发射部分：调频发射部分的电路是用改良后的电容三点式振荡电路，这种电路的特点是调制后的声音比较圆润，声音的保真度相对较高，频偏也比较大，而且元件十分普通。VT7、R38、C32等组成一级电压放大电路，将电容式话筒BM1的信号放大后，通过R37、C29送到VT6进行调制，VT8用作调制后的缓冲放大，VT9作功率放大，最后调频信号通过L5与E1向空间发射。XP3是耳机接口，用来连接到电脑、MP3、MP4等的耳机输出，以方便将这些声音信号进行调频发射。

调试与制作

因为本制作元件相对较多，最好不要用万能板来焊接，可以用Protel或者orCAD plus等软件来布PCB，在布PCB的时候最好电阻电容都用贴片封装的，以减小体积和引脚电感，增加电路的可靠性。布好PCB后，可以用以往本刊介绍的制作方法制作PCB。有条件的可以将文件发给PCB厂家做板，笔者的PCB就是专业的PCB厂家做的，图6是PCB图，供大家在布PCB图时参考。L1在市场上通常没有合适的成品出售，这时我们可以购买一个内径9.65mm、外

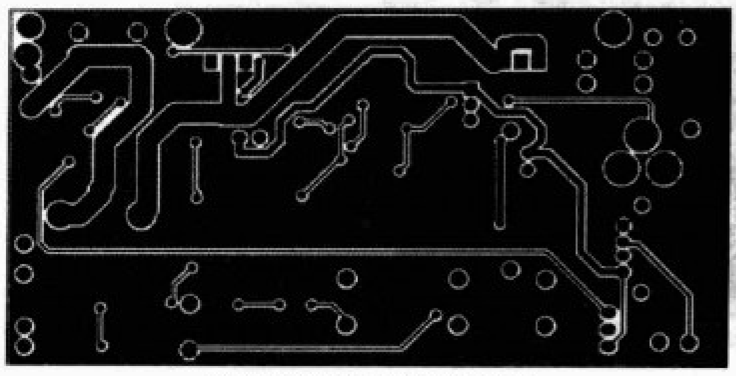


图6 PCB顶层铺铜与走线

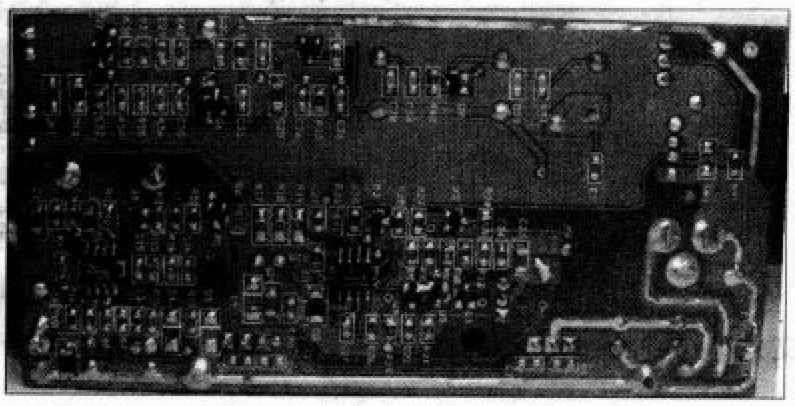


图8 实物PCB反面

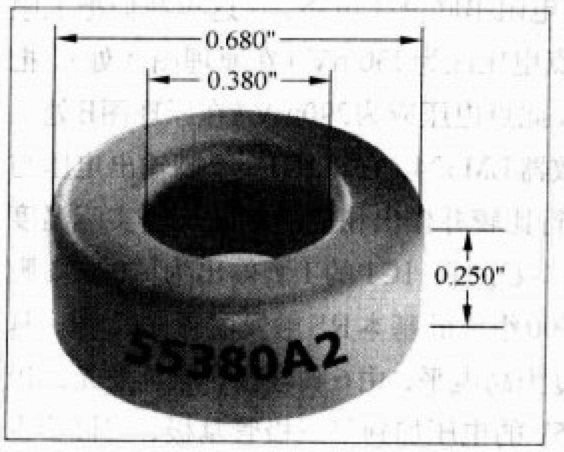


图7

径17.27mm、高6.35mm的铁硅铝磁芯（见图7）。用两条1.0mm的漆包线在其内壁均匀地并绕18圈，并保证L1的电感量为25μH±10%就可以了。L3～L6用直径0.65mm的漆包线在圆柱体上绕7圈，绕好后线圈的内径约为3mm，线圈与线圈之间紧靠在一起，这样的电感差不多为80nH。USB的输出线需要改良一下，就是将普通的USB数据线的第3脚与第4脚短路就可以了。VT7的β值最好控制在180～270范围，VT6、VT8、VT9的β值控制在90～120，并要注意这是3个高频管，截止工作频率最好大于1GHz，如果没有这样的高频管，也可以就使用2N2222A等三极管。笔者使用的就是2N2222A，实际测试时手摸L6也决不跑频，其他三极管并无特殊要求，但要注意工作极性。VD1与VD8是快速二极管，不能用一般的二极管来代用。元件准备好了，焊接时先焊接贴片元件，再焊电容、散热片等。按图中的元件值，稍微调试，整个电路就可以正常工作。

先调试19V升压部分，先将R14调到电阻最大的模式，然后输入12V电压，如果XP1有输出线接口插入，VD2的红色LED将点亮，同时P点将有高于12V的电压输出，这时我们给P点接上一个10mA左右的负载，并调整R14，使P点电压达到我们的要求。虽然VD1与VT11工作在开关模式下，但因为输出功率较大，发热量还是很大的，尤其是当输入电压较低时，所以需要给这两个元件加上合适的散热片。5V降压电路不需要调试，但要注意USB的输出顺序，同时也要注意IC2的散热。调试4.2V降压电路时先将SW1处于导通状态，然后将一颗放完电的锂电池接到F点与地，并用万用电表测试流过电池的电流，根据电池容量的大小

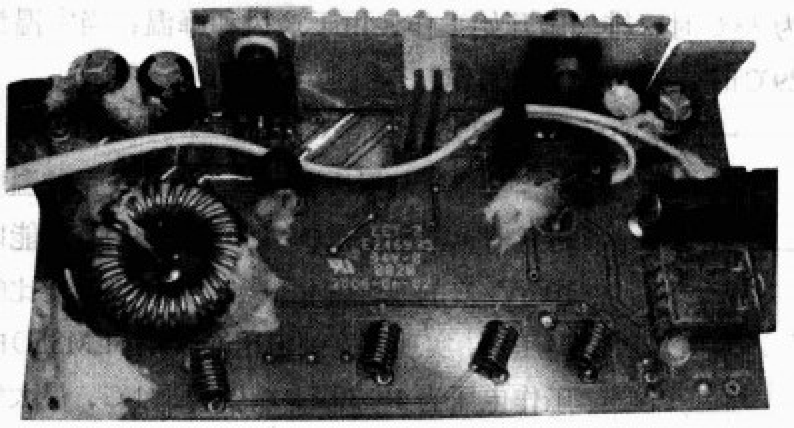


图9 实物电路板

调整R30的值，使流过电池的电流合适。例如500mA的手机电池，最大充电电流最好为500mA。因为VT2工作在线性模式，所以发热较大，如果输出电流超过800mA，要注意加散热片散热。

调频电路因为工作频率比较高，以图中的参数，频率约为94MHz，所以要求我们在布PCB的时候要注意布高频板的一些规则。元件最好都用贴片元件，以减小引脚电感，L3～L6电感要注意圈数，圈数太少频率太高，相反则频率太低，都不在一般的调频收音机接收范围内。为使制作方便，几个电感都是一样的，按图中的参数并不需要调试。如果将SW1置于开的位置，这时F点的电压应为4.2V，调频电路开始工作，并有35mA左右的工作电流。在XP3处插入MP3等的耳机输出，先不用接输出天线，离开发射器5m左右，这时从收音机的最低频率88MHz开始收台，直到收到清晰的、由MP3所播放的音乐为止。如果直到108MHz都没收到音乐，这时需要调整L6的匝间距离，圈与圈之间的距离加大时频率增加，相反则是降低，直到收到信号为止，并注意避开当地的电台。L3～L5在业余条件下不好调整，在发射距离要求不远的情况下无需调整，输出天线最好用1m左右的拉杆天线为好，这样可以增加发射距离到250m左右，如果仅在家里或者车内使用就没有必要装了，只要安装L5就完全可以满足这个需要了。等所有的调试工作完成后，用合适的外壳将产品装好，输入输出的接线方法请参考题图。

带上下温度限制的温控装置

文/刘 兵

本制作是一种简单实用的温度控制装置，利用它可以完成对排气扇等设备的自动启动与停止。我们希望当室温为33℃时，排气扇开始工作，用于通风和降温；当室温为29℃时，排气扇停止工作。

一、核心元件LM35D

LM35D是一种输出电压与摄氏温度成正比例关系的温度传感器。当温度在0～150℃变化时，它能以10mV/℃的线性变化输出与摄氏度成正比的电压量，实现温度到电压的转换。LM35D的工作电压为4～30V，精度为±1℃，最大线性误差±0.5℃，静态电流约为80μA。它的输出电阻很低，为0.1Ω左右，因此带负载能力很强。LM35D外形如同一只塑封三极管，图1为它的外形图。

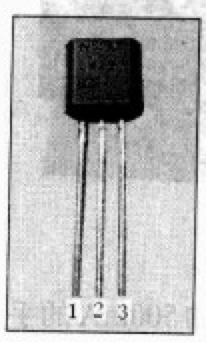


图1

我们常用的模拟集成温度传感器还有AD590系列，长期漂移为±0.1℃，输出阻抗高达10MΩ，温度系数为1μA/℃，工作电压+4～+30V，最大正向电源+44V，最大反向电源−20V。在本文介绍的电路中没有采用AD590，因为AD590为电流输出型传感器，而在这里需要的是电压信号，若采用AD590还必须加调整电路兼作I/V转换，无疑使电路复杂化。最主要的是调整电路所使用的电阻的精度不高将直接影响AD590转换的精度。与之相比，LM35D无需加任何转换电路就可以直接与后面的电路相连，所以笔者最终选择了LM35D。

如果要控制的温度在0℃以下，那就只有采用AD590，它能检测的温度在−55～+150℃之间。

二、电路原理

图2为温度控制器的电路原理图。

1．温度控制部分

IC1是集成温度传感器LM35D，它将摄氏温度直接转换成数值等比的电压信号供后面的电路使用。假如此时的温度为29℃，IC1的2脚输出的电压为290mV。计算公式：$U_o=t\times$10mV/℃。

RP1和RP2为上、下温度设置电阻，它们分别与R1和R2构成了两个独立电阻串联分压电路。在这里我们把上限温度设为33℃，此点电压应为330mV（在原理图A处）。把下限温度设为29℃，此点电压应为290mV（在原理图B处）。

IC2是电压运放器LM324，它将IC1的2脚输出电压与事先设置的电压进行比较并作出相应的判断。当实际温度高于上限温度即$U_C>U_A$时，IC1的1脚输出为“0”，1脚后面接的是由74LS00组成的基本RS触发器置“1”端，基本RS触发器输出Q为高电平，由6脚输出，绿色发光二极管导通，一个约3.5V的电压加到了三极管基极，三极管也相应地导通。此时继电器吸合，排气扇开始工作。

当上限温度>实际温度>下限温度，即$U_A>U_C>U_B$时，此时虽然LM324的1脚输出为高电平，但是基本RS触发器是低电平有效，所以它不会改变基本RS触发器Q输出的状态。继电器仍然吸合，排气扇继续工作。

当实际温度<下限温度，即$U_C<U_B$时，LM324的7脚输出为“0”，7脚后面接的是由74LS00组成的基本RS触发器置“0”端，基本RS触发器输出Q翻转为低电平，由6脚

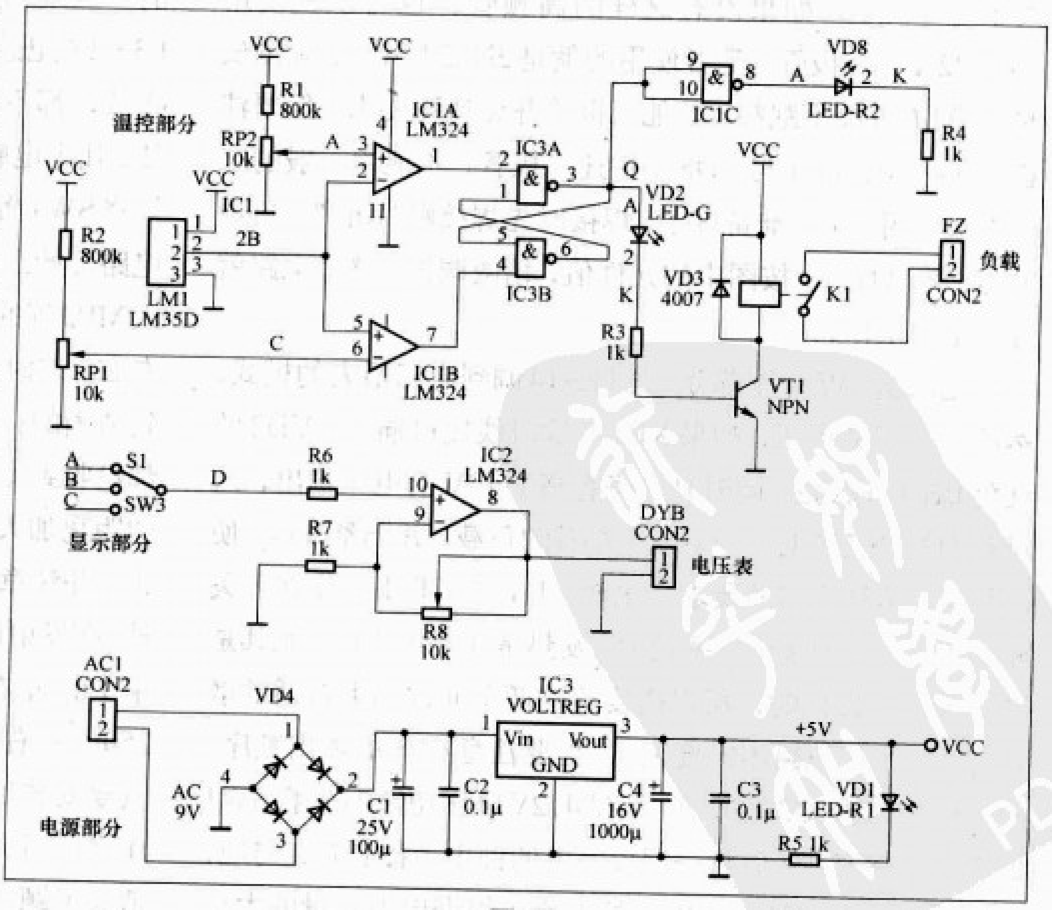


图2

输出，绿色发光二极管停止导通，三极管截止，继电器释放，排气扇停止工作。

这样便实现了排气扇的自动启动与停止。

2．显示部分

SW3为拨动开关，打在不同的挡位，A、B、C三点中的某点就与D点接通。D点后面是一个放大电路，能把输入的信号放大10倍左右。因为在电路中的A、B、C三点，电位最高为100mV（传感器的$U_o=t\times 10mV/℃$），而后面是10V电压表。经过放大后电压与温度的对应关系为100mV/℃，如果此时温度为29℃，则输出的电压为2.9V。有了显示部分，设置上下限温度就很方便了，同时还可监控此时的实际温度(注意，由于采用的电源电压是5V，所以运放能输出的电压为4.5V左右，即温度最大只能显示45℃，如果觉得显示范围不够，可以加大电源电压，或不用运放放大而直接接一个毫伏表)。

3．电源部分

电源部分是一个普通的集成三端稳压电路，原理在这里就不作论述。参数选择很重要，特别是C1和C4两个电容，它将直接关系到电源输出值的稳定。

4．制作提示

电路图中的LED−R是红色发光二极管，它在电路中与LED−G配合，主要起一个指示的作用。当74S00的3脚为高电平时绿色发光二极管LED−G亮，继电器工作，此点电位经一个与非门后变为低电平，由74LS00的8脚输出，红色发光二极管LED−R不会发光。当3脚为低电平时，绿色发光二极管LED−G不会亮，此点电位经一个与非门后变为高电平，红色发光二极管LED−R发光。读者从简化电路的角度出发可以不做这一部分，完全不会影响使用。

特别注意，本装置由于采用的是一般的直流继电器，所以它驱动负载的能力有限，仅为2000W，如果要它驱动大负载装置时，最好采用间接驱动的方式，比如用交流接触器来驱动。

三、制作调试与使用

本电路制作简单，有条件的可以做一块印制板出来，这样可以使电路的可靠性大大提高。在这个电路中需要调试的地方只有显示部分。前面说到使用的显示部分是一个10V的电压表，而传感器得到的和所设置的电压是毫伏级的，所以需要放大。根据计算，要放大10倍才能满足需要，这里采用的是同相放大器，放大倍数$Au=1+R8/R7$，R7为1kΩ，则精密电位器R8为10kΩ，略微调整R8就可以将信号放大10倍。具体调整如下：首先将拨动开关打到A或C处，不能在B处，因为B点为传感器的输出，它会随温度的变化而变化，增加了调试难度。假如此时打在了A处，测得

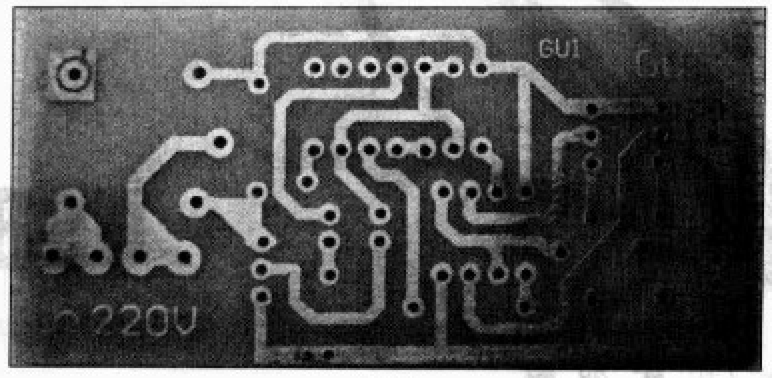


图3

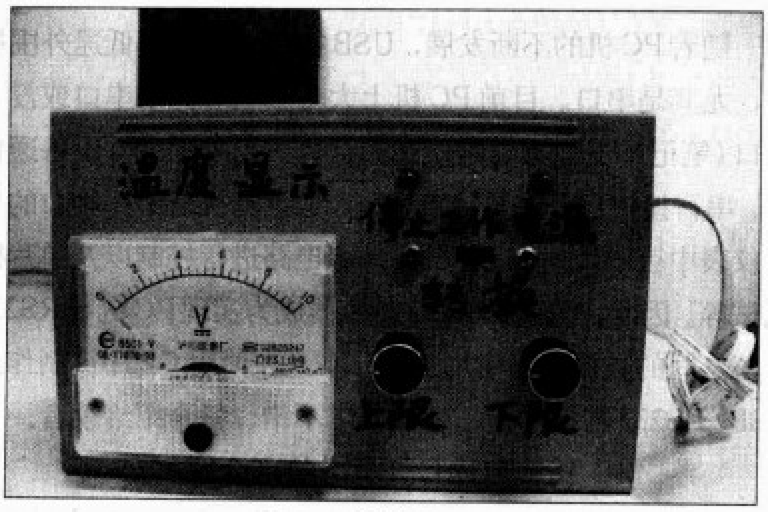


图4

A点电压280mV，然后再测LM324的8脚电压输出，如果不为2.8V就用小平口改刀调节精密电位器R8的阻值，最终使LM324的8脚输出电压为2.8V。

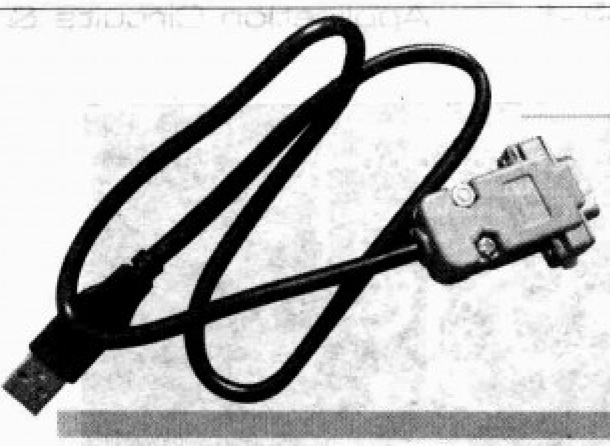
图3为印制板实物图。

图4是笔者做的一个实物，把整个电路装在了一个盒子里。左端是交流220V的工作电源和控制负载的接线端子，中间为显示和控制面板，右端是通过导线引出的温度传感器LM35D。

在介绍使用方法之前，简单说说面板的功能。在面板的左端是一个10V电压表，用来显示设置的上下限和实际温度，比如此时电压为2.9V，那么此时的温度为29℃。在右上角是3个发光二极管，从左至右依次对应原理图中的LED−R2、LED−G、LED−R1。3个二极管下面是转换开关，对应原理图中的拨动开关S1。再往下是两个上下限温度的调节电位器，对应原理图中的RP1和RP2。

设置上下限温度时，将拨动开关打在左端（在原理图A处）设置上限温度，调节RP1使电压表的显示值为3.3V。完成过后把拨动开关打在右端（在原理图C处）设置下限温度，调节RP2使电压表的显示值为2.9V。OK，上下限温度设置完成，将拨动开关打在中间（在原理图B处）处，此时电压表监控实际温度。当电源上电后，右边的红色发光二极管亮，若风扇工作时中间绿色的发光二极管亮，若风扇停止工作最左端的红色发光二极管亮。

若将这个电路用在不同地方，还可以发挥它更大的作用，读者可自行扩展。



自制高性能 USB-RS232 转换器

文/胡 炼 贺 静

随着PC机的不断发展，USB接口正在替代低速外围接口，尤其是串口。目前PC机上大多数只有一个串口或没有串口(笔记本电脑更明显)，然而计算机与外围硬件设备通信时，串行接口仍是主要接口之一，如计算机从串行接口的仪器仪表中获取数据、计算机对外围电路进行控制以及单片机调试等。因此，USB-RS232转换器成为实现PC机与RS232设备之间的数据传输常用工具。本人在使用CP2102制作的USB-RS232转换器后，感觉非常不错，特介绍给读者。

转换芯片 CP2102 特点介绍

CP2101和CP2102(CP2101的升级产品)是美国Silicon公司生产的高集成度USB转UART专用芯片，其工作原理与其他USB-UART转接电路类似，详见其数据手册www.sparkfun.com/datasheets/IC/cp2102.pdf。由于此产品无需外接振荡器等电路，因此电路十分简单。另一个重要特点是厂商及销售商免费提供适用于Windows(含Windows CE)、Linux、Mac OS-X等多个操作系统的驱动程序，使用者不必对CP210x系列器件二次开发，在一般情况下，焊接完毕并安装好驱动程序即可使用。CP2102串行总线的数据格式为数据位8位，停止位1位，校验位可选无校验、奇校验、偶校验。其支持的标准波特率有300、600、1200、1800、2400、4800、7200、9600、14400、19200、28800、38400、56000、57600、115200、128000、230400、460800、921600等。

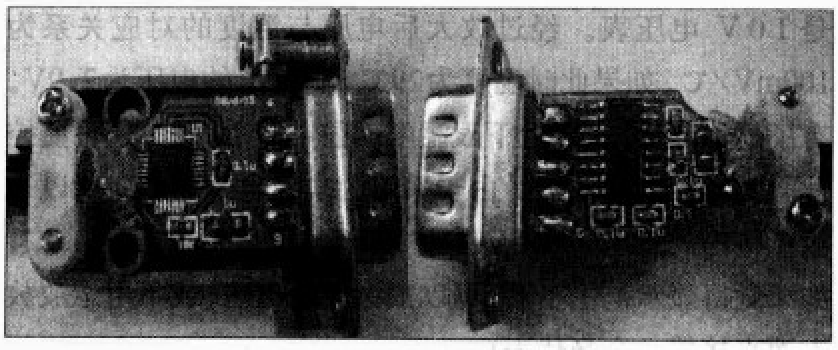


图2

电路原理与 PCB 制作

电路原理图如图1所示，CP2102的第9脚与第6脚VDD之间接有一个4.7kΩ的电阻(R1)，这是为了增加抗干扰能力，而第6脚VDD接有4.7μF钽电容C3，这是该引脚对外供电厂家所要求的。为了确保数据收发的稳定性，避免通信过程中的干扰，还在USB接口端添加了滤波电路（C1、C2)。由于CP2102的底部有大片金属，在芯片内部接地，因此在制板时焊接面板层的底部部分不能布置其他信号线路，本转换器PCB板设计时是采用过孔与地连接。PCB外形如图2所示，是为了能放入常用的DB9接头外壳中，其通过USB线与电脑USB接口连接，本转换器的DB9接头设计为公头。从整体上看，这个USB-RS232转换器体积小，安装牢固，外观漂亮。

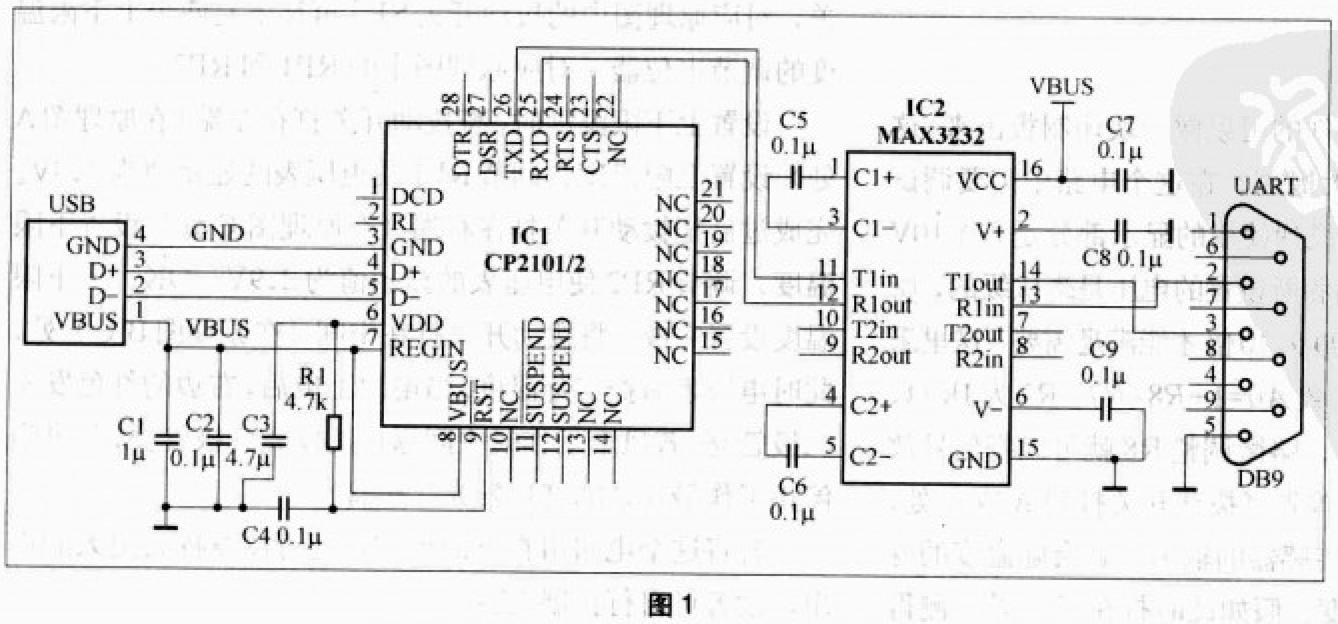


图1

驱动程序安装与设置

在Windows XP操作系统上双击CP210x_VCP_Win2K_XP_S2K3.exe执行进入安装(该软件可到本刊网站上下载)，驱动安装完成后，将USB-RS232转换器插入电脑USB接口。用鼠标右键点击“我的电脑”，进入“管理\设备管理器\端口(COM和LPT)”，若能看到“CP210x USB to UART Bridge Controller (COMx)”信息（粗线框

图3

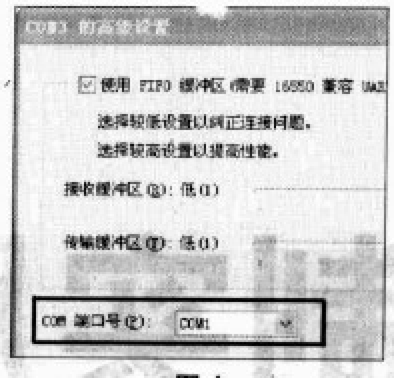


图4

标记)，如图3所示（图中为COM3），表示此转换器可正常使用，虚拟实现了串口COM3。此外，我们还可以修改COM3至一些工具默认的COM端口号，如笔者使用的Genius NSP+ 编程器，其默认串口COM1，右键点击“CP210x USB to UART Bridge Controller (COM3)”，在属性／端口设置／高级／COM端口号的选择框中选择COM1，见图4粗线框标记处，重新查看端口（COM和LPT）即可看到已修改成功，以后使用本转换器，则其默认端口为COM1。更多操作系统的驱动程序可在新华龙网站www.xhl.com.cn上免费下载。

由于CP2102采用5mm × 5mm的QFN-28封装，占用空间非常小，却给手工焊接带来了不便，但用尖头焊台（接地）焊接并不困难。一般电路仅使用TXD/RXD两个引脚实现简单通信，制作时可选用更小封装的RS232收发器，缩小体积且降低成本，PCB也可制作成更好、更小的外形。此外，CP2101或CP2102应用时并不一定要做成如上所述的转换器。因其UART总线上的是TTL信号，不必采用RS232进行电平转换就能够被单片机等直接识别，因此，设计电路时可以在电路中加一个USB转TTL模块，实现USB功能。

本人使用此转换器一年多，效果非常好，最长使用时，连续工作几十小时都没出现问题。

如何购买《无线电》杂志

近期编辑部经常接到读者电话，反映购刊难的问题。首先我们对大家给予杂志的关心与支持表示由衷的感谢。下面就如何购读本刊给大家提供以下几种方式及相关注意事项：

邮局订阅

您可随时到您所在地区的邮局（所）办理订阅手续，订阅时请务必记住以下几点：

1. 正确填写本刊名称、邮发代号、本刊定价。
2. 填写订阅单地址一栏时，请务必详细写明收件人名字及地址。
3. 订阅本刊时向收订人员询问在未收到杂志时如何查询，并索要查询电话。
4. 如遇光盘破损或丢失，请与您订阅杂志的销售单位联系更换。

零售购阅

本刊除邮局订阅外，还与各地报刊零售公司和民营报刊发行公司有着市场零售业务的合作。为使读者能够在报刊亭及时购得本刊，现有关注意的问题提示如下：

1. 建议读者找一家方便购买杂志的报刊亭，向其说明您每期定时前来购买本刊。

2. 当您所在地区买不到本刊时，首先向本刊发行部反映，我们会告知您在哪里购买或在本刊发行部办理邮购。

编辑部邮购

邮购业务是对那些因故买不到本刊的读者开辟的直接为读者服务的业务。如需邮购请按以下方式办理：

到邮局办理汇款，认真填写本刊名称、地址、邮编、收件人、金额；并务必写清您的详细地址、邮编、姓名、电话；同时一定要在附言栏中写明您所邮购的刊名、期号及数量等。

汇款两周后可查询杂志是否寄出。本刊邮购免邮寄费，请您按杂志定价汇款，如怕丢失，请另加（3元／次）挂号费。邮购电话：010-67134361，E-mail：ygb@radio.com.cn。

衷心感谢您喜欢我们的杂志，为您服务是我们的职责，您在购买本刊遇到问题时欢迎与我们联系。

本刊发行部

自制实用 红外线—无线转发器

○ 文/茅凌云

现在很多家庭都拥有自己的家庭影院系统，且大多采用红外线遥控器。由于红外线遥控的特殊性，必须将接收部分（如DVD机、功放机等）放在红外线能接收到的地方。由于红外线遥控的距离有限（10~15m），在一些特殊的场合，如电教室或会议厅，就会遇到尴尬。针对这些情况，本文介绍一种实用红外线－无线转发器（见图1），利用红外线和无线电信号各自的优缺点，扬长避短，让红外线遥控器的性能大大提高，给我们的日常生活带来更多的便利。有了这个小玩意儿，您就可以考虑将您家庭影院系统中的DVD／功放等设备隐藏在一个别人不易察觉且容易操作的地方，不仅让房间内更加简洁和美观，使用起来也更加方便。由于采用无线信号转发遥控信号，使得红外遥控器摆脱了红外线控制的局限，控制距离和空间大大增加，很轻易地就能将红外线信号转发到百米甚至数百米之外，且没有任何方向性，即使隔墙遥控也没有任何影响。使用该装置，不用对原遥控器／接收部分做任何改动，且适用大多数红外线遥控器，制作也非常简单。下面笔者介绍一下该装置的工作原理和制作要点。

一、工作原理

这个装置是利用无线电信号传输距离远、不受空间限制的特点来传递红外线，以弥补红外线遥控受控制距离和空间限制的不足。电路原理见图3，它分为两个部分：

1.红外线信号－无线电信号接转发电路，见图3（a）。它负责检测、收集红外线遥控器发出的遥控信号，并由红外线接收模块（IC1）解调出遥控指令——幅度一样、宽度不同的方波信号。此信号通过IC2整形、缓冲后，进入无线电发射模块，对发射模块进行调制，使得发射模块向空中发射出含有红外线遥控指令、载波频率为315MHz的无线电信号。

图1 收发器的外观

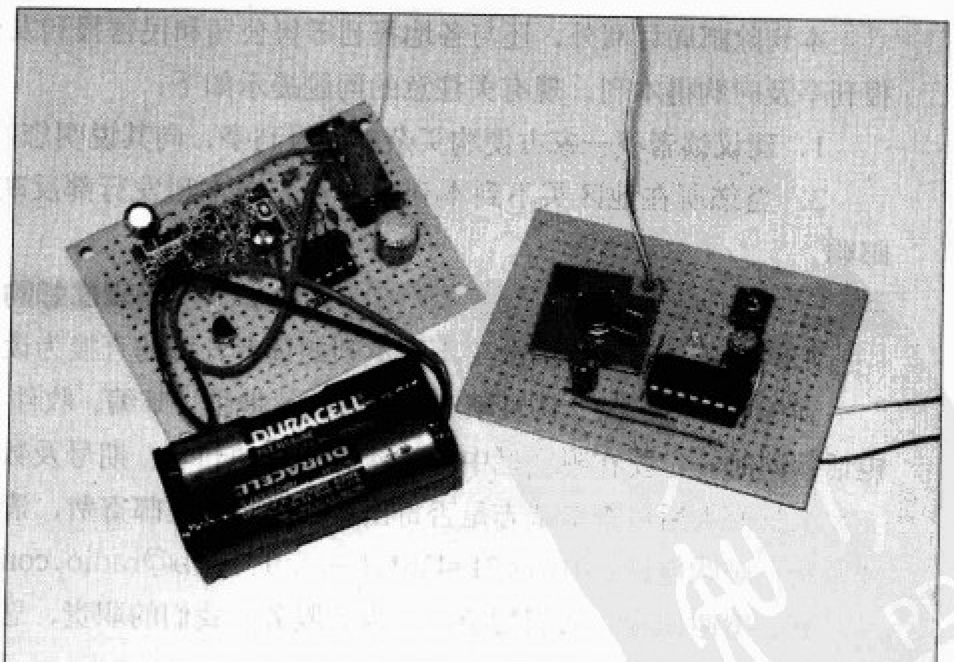


图2 发射和接收电路实物(左边为接收部分，右边为发射部分)

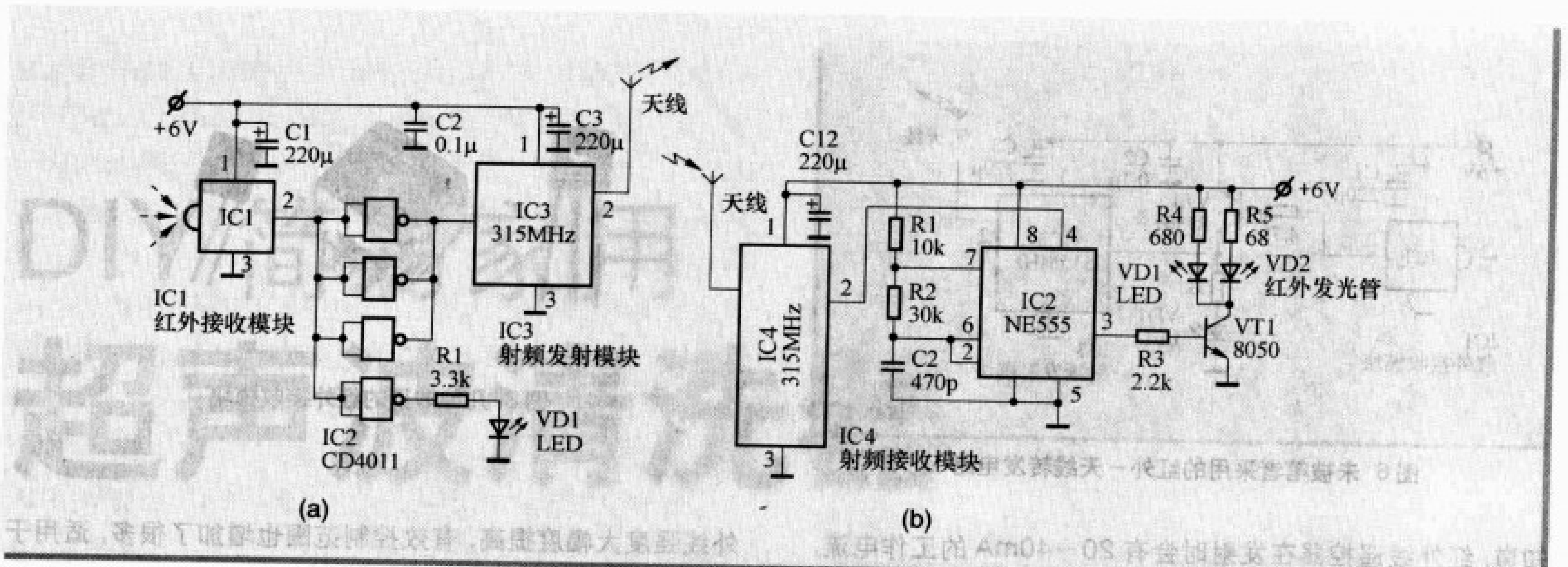


图3 改进后的外天线转发器电路

VD1为转发器工作指示灯，正常时会随着红外线信号闪烁不停，以指示接收转发器工作正常。如果您的红外线遥控上有一个发射指示灯的话，你会发现VD1会随着遥控器上的指示灯一同闪烁且频率一样。利用这个功能，实际上它也可以成为一个直观的遥控器检测器。即使遥控器上没有发射指示灯，您也可以通过VD1的工作情况对遥控器作初步判断。当然，如果有必要，您也可以考虑在VD1上并联一个蜂鸣器，接收器工作时就会同时发出声光提示。

2.无线电信号－红外线电信号转发器，见图3(b)。它负责检测、收集空中出现的含有红外遥控指令的315MHz无线电信号，并通过模块内部电路将遥控指令信号提取出来，由IC1的2脚输出。这里输出的方波信号与图3(a)中IC3的2脚输出红外线控制指令信号是完全一样的。图3(b)中的IC2构成38kHz红外线载波频率发生器，IC1的2脚输出的指令，通过IC2的4脚对红外线信号进行调制，IC2的3脚输出调制后的红外线信号，载波频率为38kHz（还原后的红外线信号）经VT1进行功率放大，再通过红外线发射管发射出去，完成对红外线信号的转发，VD1为发射状态指示。

转发器的控制范围取决于发射模块的发射功率和无线接收模块的灵敏度。现在市面上最常见的315MHz或433MHz发射/接收模块，能很轻易地将控制距离扩展到50～100m之外，即使隔几层墙，也可以准确无误地转发红外线信号。

二、制作要点

这里介绍一些实际制作过程中的体会和经验。图3介绍的是改进后的电路。在实际设计制作过程中，最开始时笔者采用的图6电路，虽然也可以工作，但在测试过程中发现一个问题。由于在实际使用中，图3(a)一般考虑是采用电池供电，这样转发器就可以任意放在不同的位置，而不会有电源的麻烦。这样一来就对电路的工作电流有了要求。我们

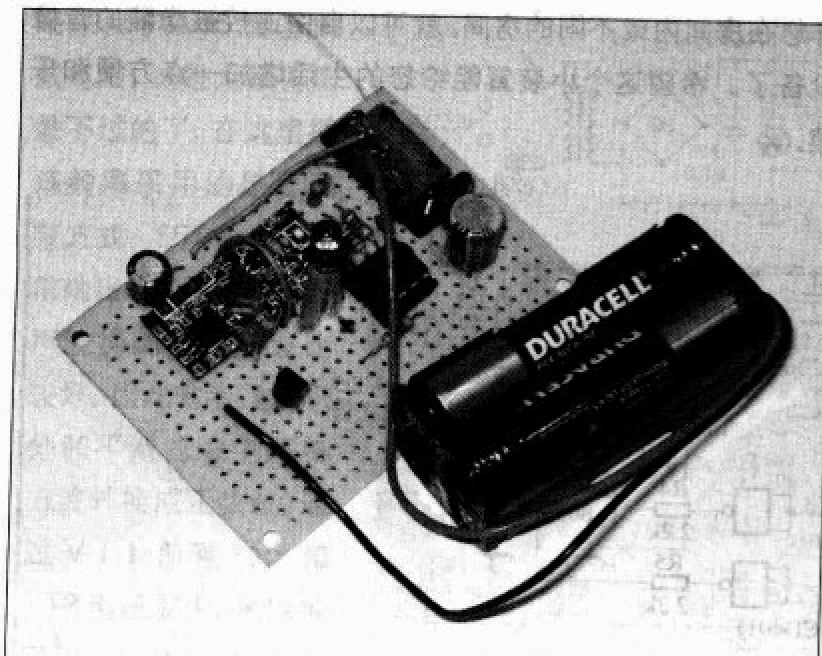


图4 制作好的接收电路

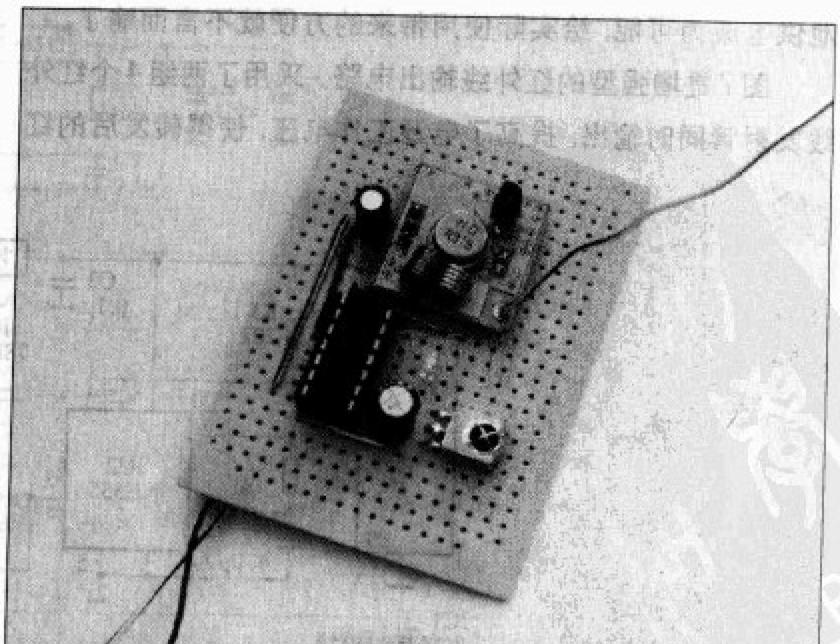


图5 制作好的发射电路

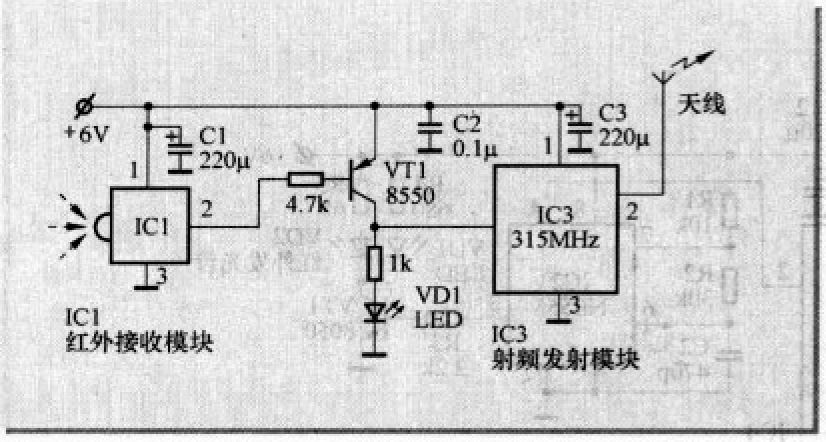


图6 未被笔者采用的红外－天线转发电路

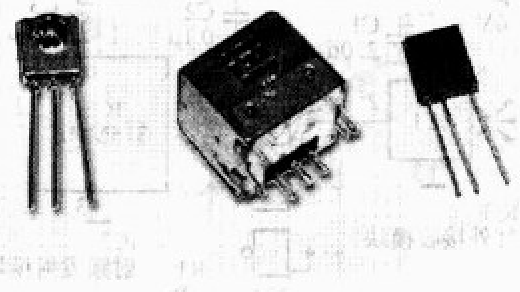


图8 几种常见的红外接收模块

知道，红外线遥控器在发射时会有20～40mA的工作电流，但由于遥控器大部分时间是不工作的，所以电池的使用寿命很长。在试验图6给出的电路时，发现无线发射模块受到调制信号的影响，不断被启动，造成整个电路一直在工作和耗电（在20～40mA）。正常时的待机电流应该在9～10mA，主要是IC1的静态工作电流。通过示波器观察发现，造成发射模块频繁启动的原因是因为IC输出的一些幅度不同的杂波信号造成VT1导通工作而启动了发射模块IC3，而导致整个电路耗电增加。为了解决问题和电路的需要，这里采用了笔者手头上有的数字电路（CD4011）接成反相器，对IC1输出的信号进行隔离缓冲、整形和反相处理，这样红外线接收模块输出的信号幅度只有达到了CD4011的翻转电压之上时才能去开启发射模块IC3。有了IC2之后，95%以上的杂波信号由于幅度不够就被IC2挡住而无法通过，而真正的红外线指令信号到来时，由于其幅度远远超过了IC2的翻转电压而顺利通过，并由于IC2的整形作用，信号变得更加陡峭和清晰，使IC3工作效率更高。由于IC2的隔离，使待机的时候整机电流约10mA，只有在检测到红外线信号时才出现20～40mA的电流，大大延长了电池的寿命，使得采用电池供电成为可能，给实际使用带来的方便就不言而喻了。

图7是增强型的红外线输出电路。采用了两组4个红外线发射管同时输出，提高了电源工作电压，使得转发后的红外线强度大幅度提高，有效控制范围也增加了很多，适用于一些公共场所。

元器件可以参考图中给出的参数选择，没有特殊要求。图3中，建议采用电池供电，且C1、C2不要省略，有利于电路可靠工作。红外线接收模块IC1选用中心频率为38kHz的那种，能适用大部分的遥控器发出的遥控信号。图8给出了几种常见的红外线接收模块实物照片，供制作时参考。无线电发射／接收模块可以采用315MHz或433MHz的工作频率，没有限制。传输距离可以根据使用情况购买时提出要求。IC2也可以用CD4069代替，接收电路中IC2的工作频率需要接近38kHz，有条件的可以用频率计进行调整。只要将IC2的4脚与电源正接通，电路的3脚就会输出持续的38kHz载波信号。如果频率有偏差，可考虑对R1/R2作适当调整。电路非常简单，只要接线正确，一般不用调试就可以直接使用。

三、使用方法

将红外线－无线电信号接转发器，图3（a）部分放在房间内能接受到红外线遥控器信号的任意位置。将图3（b）中部分放在被隐藏的接收器（如DVD／功放等）装置附近。这样您在房间内或不同的房间，就可以自由遥控被隐藏的音像设备了。希望这个小装置能给您的生活增加一点方便和乐趣。

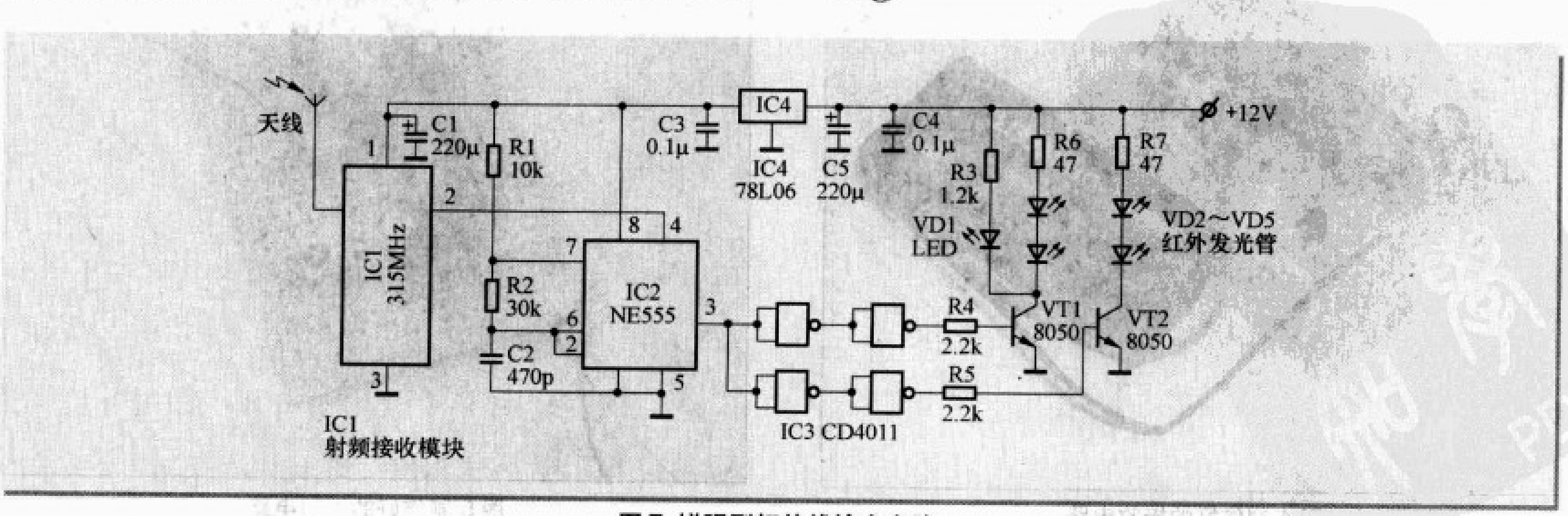


图7 增强型红外线输出电路

DIY 简易家用 超声波清洗器

○ 文/纪元美

市场上出售的超声波清洗器，大多是利用超声波的原理，将发出的高频振荡信号通过换能器把电能转换成高频机械能来实现清洁。其中，一种方式是使高频机械能在液体中散播，使液体流动而产生数以万计的微小气泡，利用这些气泡产生连续不断的瞬间高压，冲击物体表面及缝隙中，从而达到全面清洗的效果；另一种方式是将电能转换为高频机械能后，使工作头高速振动,使污渍破裂脱落。

超声波清洗器广泛应用于清洗电子器件、半导体硅片、电路板、电镀件、光学镜片、音频磁头、照相器械、通信器械、金银首饰等，同时在生化、化学、医学领域广泛应用。

笔者经过一段时间的准备，利用身边现有拆旧的常用材料，采用上述第二种方式制作成一款简单可靠的小型家用超声波清洗器，使用效果还不错，且成本低微。

简易超声波清洗器电路由超声波发生电路和放大电路组成，见图1，用以驱动超声波换能器工作，从而对污渍进行接触式振荡清理。振荡电路采用了555时基集成电路，这是大家再熟悉不过的了，在这里振荡频率采用的是可调整方式。555的3脚正常输出为方波，用于超声波换能时正弦波比较好，因此笔者通过积分和平滑滤波电路将方波转换成正弦波，通过VT1前置放大和VT2电压放大，足以推动下一级功率放大。为了得到30～60kHz的

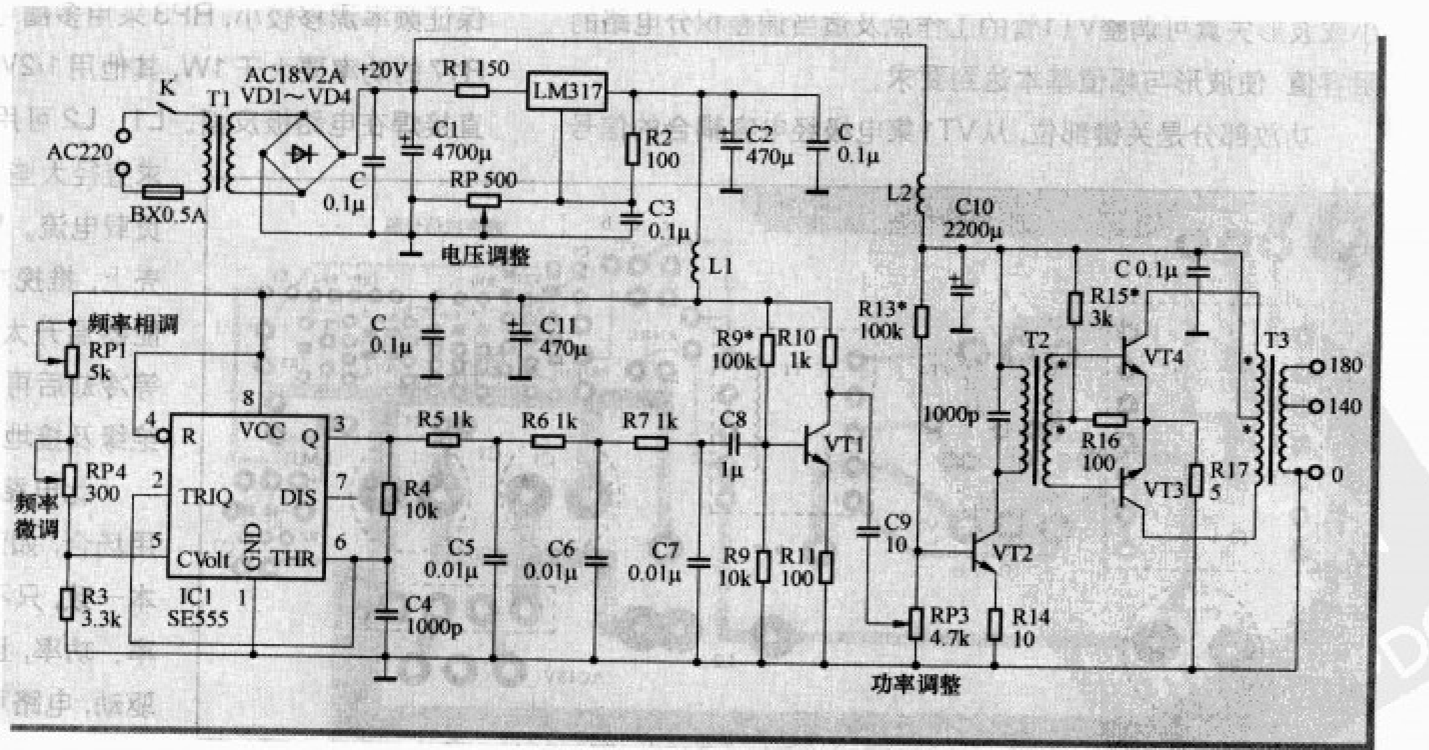


图1 超声波清洗器电路

10W功率的超声波源，电源电压又不能太高（出于安全），体积也不至于过大，后级功率放大采用了推挽放大电路。由于是高频放大，其变压器设计计算方法与低频放大有较大区别，放大器工作频率越高其输出效率就越低，功率管和变压器会发热。好在超声波频率还不算太高，在这里就忽略了。

T1、T2中变压器铁芯采用EI高频磁芯，其截面T1为8mm × 8mm、T2为10mm × 10mm左右，具体尺寸也可自行选择，但要保证不饱和输出功率。

根据铁芯计算窗口线径，T1初级用 ϕ0.2mm漆包线密绕500匝左右，次级用同号线双线并绕400匝，注意极性；T2初级用 ϕ 0.4mm左右漆包线双线并绕150匝，次级用 ϕ 0.7mm左右漆包线绕140匝，在110匝处抽头，以适应不同换能器的阻抗，初次级间用聚脂薄膜隔开，如窗口绕不下可适当减小线径。大功率推挽用三极管可选用反压超过100V、电流大于2A的进口管，β值选用应基本一致，（VT1、

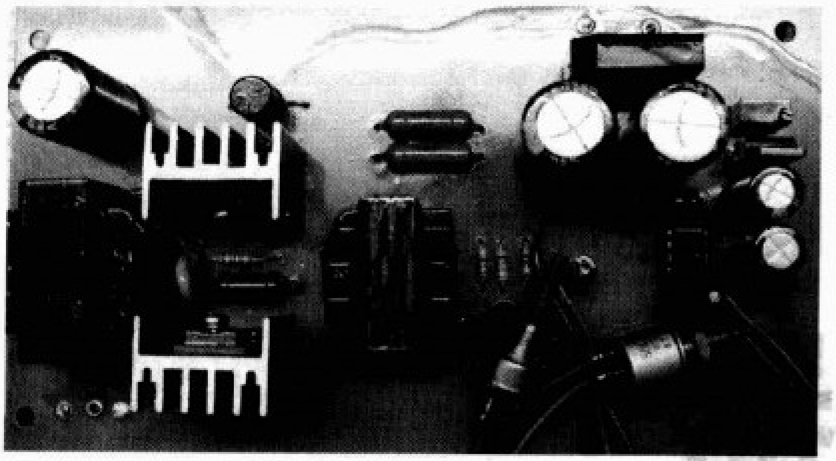


图2 超声波清洗器电路实物

图3 笔者自制的清洁头

VT2用NPN型中小功率管，β值大些无妨）。图2是其电路板实物照片。

电路板中小功率电阻与小容量电容设计成常规和贴片两用方式，按其元件规格要求焊接后即可进行调试。

电源部分很简单，从变压器交流18V经整流模块（100V/2A）后，由电容—电感—电容π形滤波后直接接功放电路，另一路经150Ω电阻降压后送给三端可调稳压集成电路，调节RP使输出电压在9V左右，供555振荡电路及前级放大用，由于电流很小，LM317不需加散热片。

振荡电路调试主要是频率和波形，把频率计和示波器探头接入555时基电路的3脚，调节RP3，观察输出波形及输出频率的变化，正常情况下应是10～60kHz变化的方波，再将探头放在VT1的集电极，正常情况应是交流正弦波，幅值在P-P值1V左右（RP4放在对地电阻最大位置）。如幅度过小或波形失真可调整VT1管的工作点及适当调整积分电路的阻容值，使波形与幅值基本达到要求。

功放部分是关键部位，从VT1集电极经电容耦合的信号送至VT2的基极，放大后直接通过变压器耦合到推挽管的基极，为了防止推挽引起交越失真，首先调整R15，使功放初始电流在10mA左右，用示波器接T2的输出端，逐步加大RP3的输入信号，观看其输出波形，因为此时空载，信号加大后会有失真，可用一只100Ω/5W左右的电阻做假负载，加大输入幅度，再看输出波形和输出幅值，也可用毫伏计测其电压，再换算成功率（U^2/R）。如功率过小，一般可能是推动不足或变压器过小或绕制有问题，也可能是供电电压较低，应重新调整，直至功率波形基本达到要求为止。

超声波换能器可采用市售的换能器（网上也有售，其压电晶体直径在16～30mm，振子头直径6mm、长20mm，功率在10W左右，直径越大，功率越大，频率较低）。

我们可以自己加工一只清洗头，用不锈钢车制，也可以找合金钢，外表尽量光洁，外形如图3所示。

用环氧树脂或双管胶直接胶接在振子的一端，固化后在其振子的另一端制作一个胶木手柄，内部两根联线通过一根软芯的高频电缆或用一根音响用较粗的信号线联接并加以固定。

因为市售超声波换能器谐振频率离散性较大，需要接入功率信号进行校对。用示波器或高频毫伏表并接在输出端子上，调节振荡器频率，在超声波换能器的谐振点时会出现输出阻抗最小，因而输出幅值下降较大，这时的频率就是该换能器的谐振点，反复调整频率并做好记录，最后确认其中心频率并做好标记（有些换能器在加上功率、温度升高后频率会发生偏移，所以要等热稳压后确定）。实际使用时将RP4旋至中间位置，调节RP3至谐振点后固定RP3，使用中只需微调RP4就行。也可设计一个跟踪伺服电路来实现，但业余使用可不考虑，DIY应符合简洁至上的精神。

电路中C4、R3要用精度高、稳定性好的阻容元件，以保证频率漂移较小，RP3采用多圈可调电位器。功放电路中R17的功率要大于1W，其他用1/2W即可。高频退耦电容C直接焊在电路板反面。L1、L2可用空芯圆磁环穿绕，L2要求直径大些、线径粗一些，以保证其负载电流。RP4和RP3直接装在机壳上，推挽功率管要加装散热器，换能器温升太高时可适当减小功率或等冷却后再使用，注意电源变压器的绝缘及接地以保证安全。

此电路也可用在其他超声波使用场合，如清洗、热熔等，其原理基本一致，只不过根据使用要求改变频率、功率，且这些场合可直接用方波驱动，电路可以更简化。

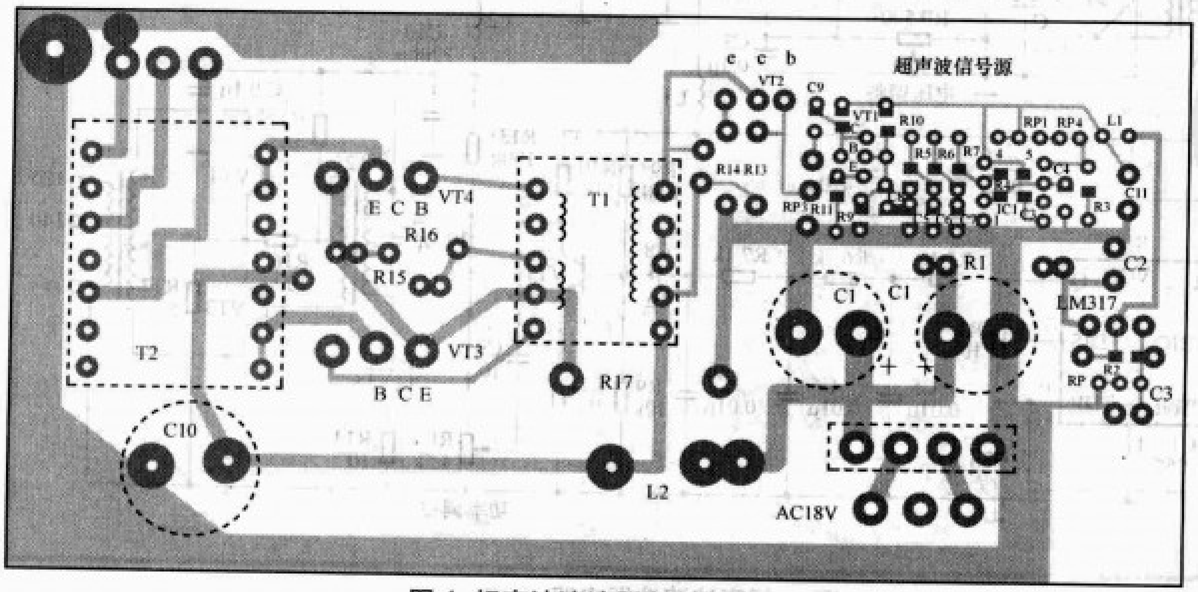
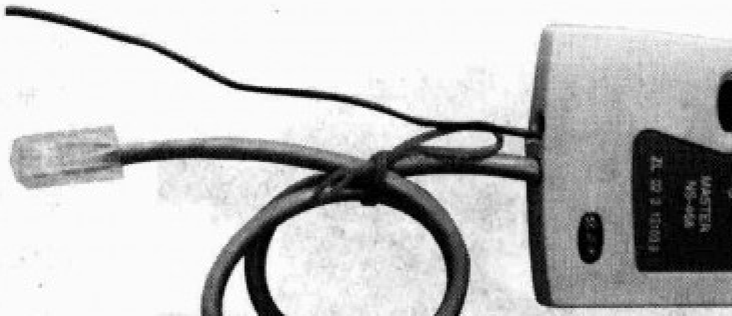


图4 超声波清洗器印制电路



安全可靠的
网络设施防雷击保护器

○ 文/薛明明

这是一个简单实用、安全可靠的网络设施防雷击保护电路，非常适合电子爱好者自制。经过笔者的试验和5年雷电季节期间的使用证明，该电路安全可靠，对网络设备起到了很好的保护作用，完全能达到抵抗感应雷击的目的。

通常，我们的网络设施多分布在一些现代化的高楼大厦中，各楼中的设施又是通过网线进行连接，而高空往往是防雷比较薄弱的地方，架空敷设进出建筑物的网线长期外露，分布于高楼本身防雷装置保护的范围外，所以在雷雨季节常发生因雷电在网络间的连线上引起的高感应电压进入网络设施的情况。如果没有采取良好的防雷措施，一旦遭遇雷击，网络设施就很容易烧毁。即便是有的时候雷击所造成的感应电压不足于一次性击毁网络设备，但若经常遭受过压冲击，很容易引起设备零件的老化，造成使用寿命急剧下降。

图1 网络防雷击保护器实物

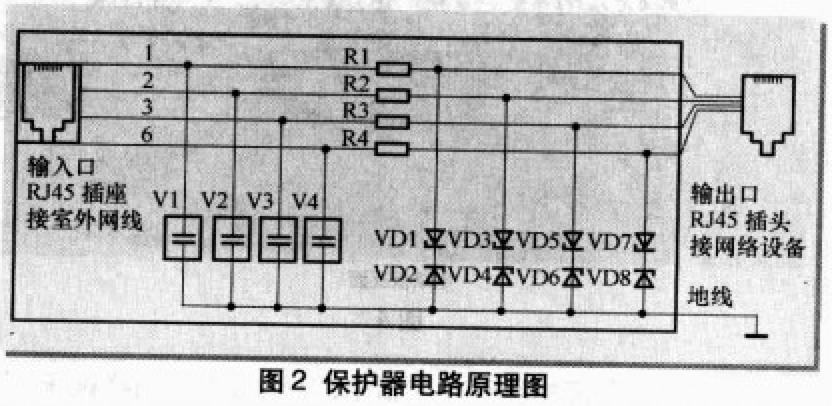


图2 保护器电路原理图

电路原理

各网络设施之间相互连接使用的是RJ45接口，RJ45接口是8针的，但实际使用中只有1、2、3、6四针有用，所以本电路只对1、2、3、6四针作了保护，其他四针悬空。保护器输入口做成RJ45插座，输出口做成RJ45插头，这样就可很方便地将保护器串接在网线中，实物见图1。

该电路原理见图2。电路中由VD1～VD4组成第一级保护电路，它主要用于瞬时过电压保护，用它来将感应雷击产生的电压限制在较低的水平。VD1～VD4选用气体放电管(2R75)，放电管是利用微隙进行电场放电的元件，是在数十微米宽的微隙电极间进行放电的，其外形见图3。在正常情况下，放电管因其特有的高阻抗(1000MΩ)及低电容(2pF)特性，在它作为保护元件接入线路中时，对线路的正常工作几乎没有任何不利影响。当有害的感应雷击电压窜入时，放电管首先被击穿放电，其阻抗迅速下降，几乎呈短路状态，此时，放电管将有害的电流通过地线泄放，同时将电压限制在较低的

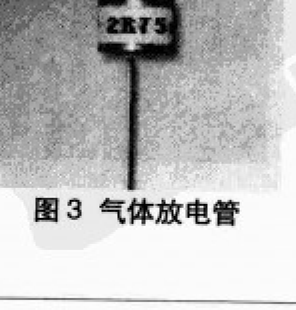
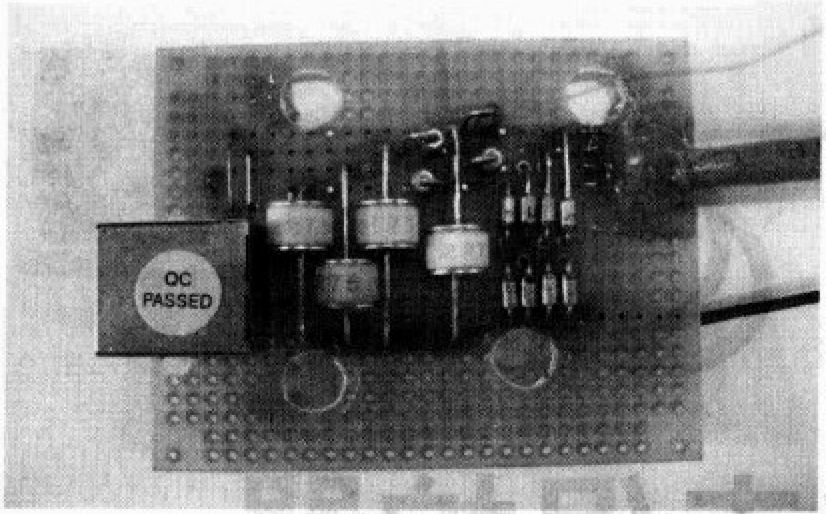
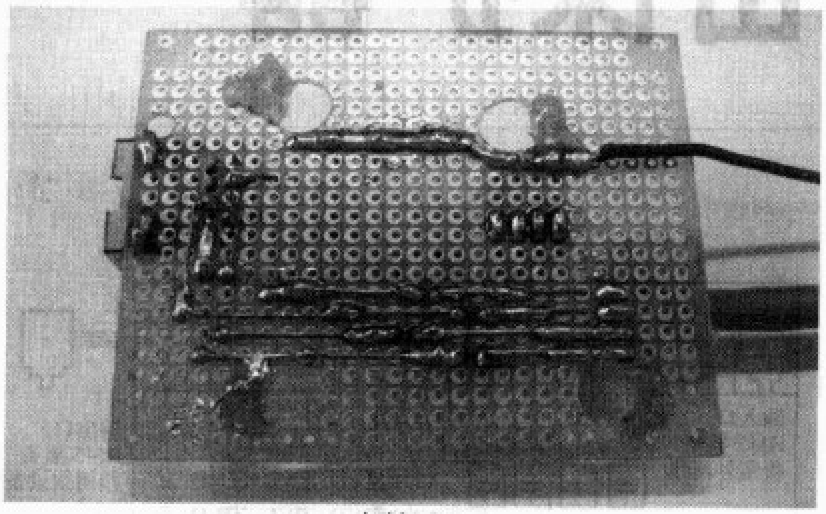


图3 气体放电管



电路板正面



电路板反面

图4

水平，消除了有害的瞬时感应雷击，从而保护了网络设施。当感应雷击电压消失后，放电管又迅速恢复到高阻抗状态，线路继续正常工作。电路实物图见图4。

在感应雷击冲击下，气体放电管的气体电离需要一定的时间（一般为0.2μs左右），因而有一个幅度较高的尖脉冲会泄漏，在后面的电路中会产生一个尖峰电压，此电压幅值随电路和器件选择而有所不同，约在数十伏到数百伏之间，电压宽度就是气体放电管气体电离所需要的时间，所以在第一级保护电路后还需要一个第二级保护电路。由于泄漏的尖脉冲的宽度很窄，能量不大，所以第二级保护电路选用的是12V/1W的稳压二极管(IN4742)，由VD5～VD8组成，其作用就是将以上所述的尖脉冲的幅度限制在安全范围内。2个二极管如图2中的方法串接在一起就构成了一个双向的瞬变电压抑制电路，可靠地将尖脉冲的幅度限制在12.3V以内。R1～R4选用大功率小阻抗的电阻（2.2Ω/2W），它可以承受很大的瞬态功率，其作用是为第一、二级保护电路提供隔离。

破坏性试验

按照保护原理设计制作好后，要进行保护性能的检测，因为雷电的出现是有季节性而且是不定时的，很难用雷电进行实践性检测，所以必须用人工高压进行检测。将500V以上的高压从电视机或显示器中取出，通过万用表表笔接近信号线，当接近到高压对信号线有电弧产生时停止，持续放电1s，网络设施完好无损，工作正常。

实践性检测

在笔者对该保护电路5年的试用中，一般的感应雷电再没有击坏过网络设施，只有在一次非常近、非常强大的感应雷击中，保护器中二级保护电路中的稳压二极管被击穿损坏，而价值万元以上的网络设施光交换机得到了保护。

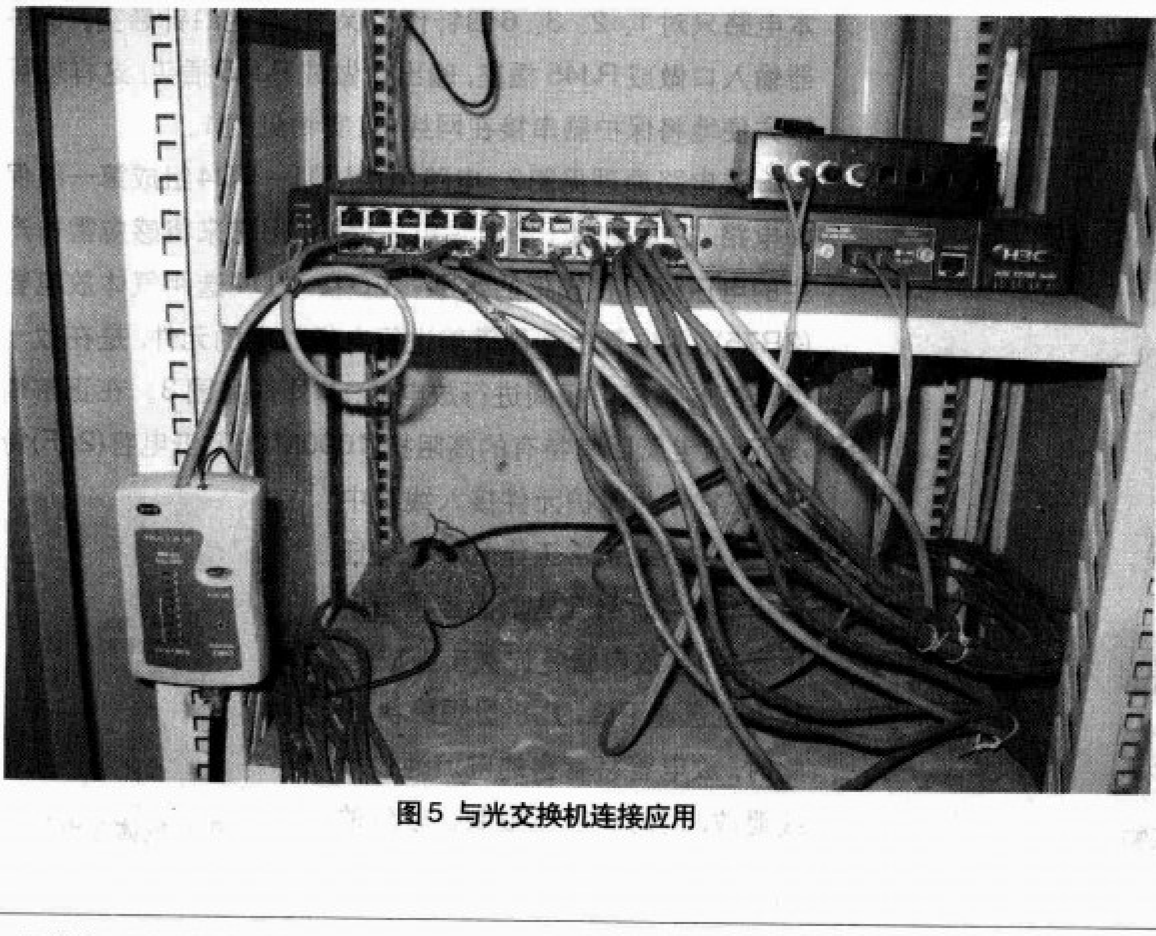


图5 与光交换机连接应用

雷击分为直接雷击和感应雷击：直接雷击是指雷电直接对地面上的建筑物或其他物体放电，往往直接导致物体损毁。感应雷击是当雷电落到网络设施附近的场所时产生一个强电磁场，在网络间的通信线路上感应出一个非常高的感应电压，感应电压通过传导、感应和耦合等方式串入网络设施，对其造成很大危害。在现实生活中遭遇雷击而损坏的设备绝大多数是遭遇到了感应雷击，相比之下，遭遇直接雷击的机率是很小的。

如何加大
超声波电路的功率输出

○ 文/刘新华

超声波的实际应用主要是指电能在专用电路中经压电元件转化成超声波的往复振动能去作功，用于半导体器件的焊接、超声波探测、超声驱赶生物等，在实际使用电路中，往往增加驱动功率并不能同比例地增加输出超声波功率，而当超声源频率因需要改变时，超声的功率输出下降得更为明显。针对超声波功率输出的特殊性，笔者制作了一个可增加超声波功率输出的电路——相位跟踪电路，对其不断变化频率的功率输出部分进行相位跟踪，使功率输出部分呈准谐振态（即电路总容抗接近于其总感抗、线路呈纯电阻性），增大了超声功率的有效输出。我们曾在11～55kHz范围内大功率驱鼠机的扫频功率输出电路中进行了试用，增加了超声功率的输出。

图1是该电路的方框图。

该电路的基本思路是：从功率源来的超声功率一路通过直接的电压信号过零取样，另一路通过对超声主电路工作状态中的相位电流信号进行过零取样，将两路过零点的相位信号分别进行整形后，同时送入锁相集成电路CD4046进行相位差鉴别，对于两相位差在＋90°、0°、－90°之间分别产生出一对应的电压，由此电压经放大后驱动一个磁放大器，此磁放大器的次级电感与主电路的压电元件（压电元件为容性负载）形成可调相位电路（此电路既可接为电流形的并联谐振电路，也可接为电压形的串联谐振电路，见虚线框中部分），由此构成一个闭合的控制回路，完成了锁相跟踪。

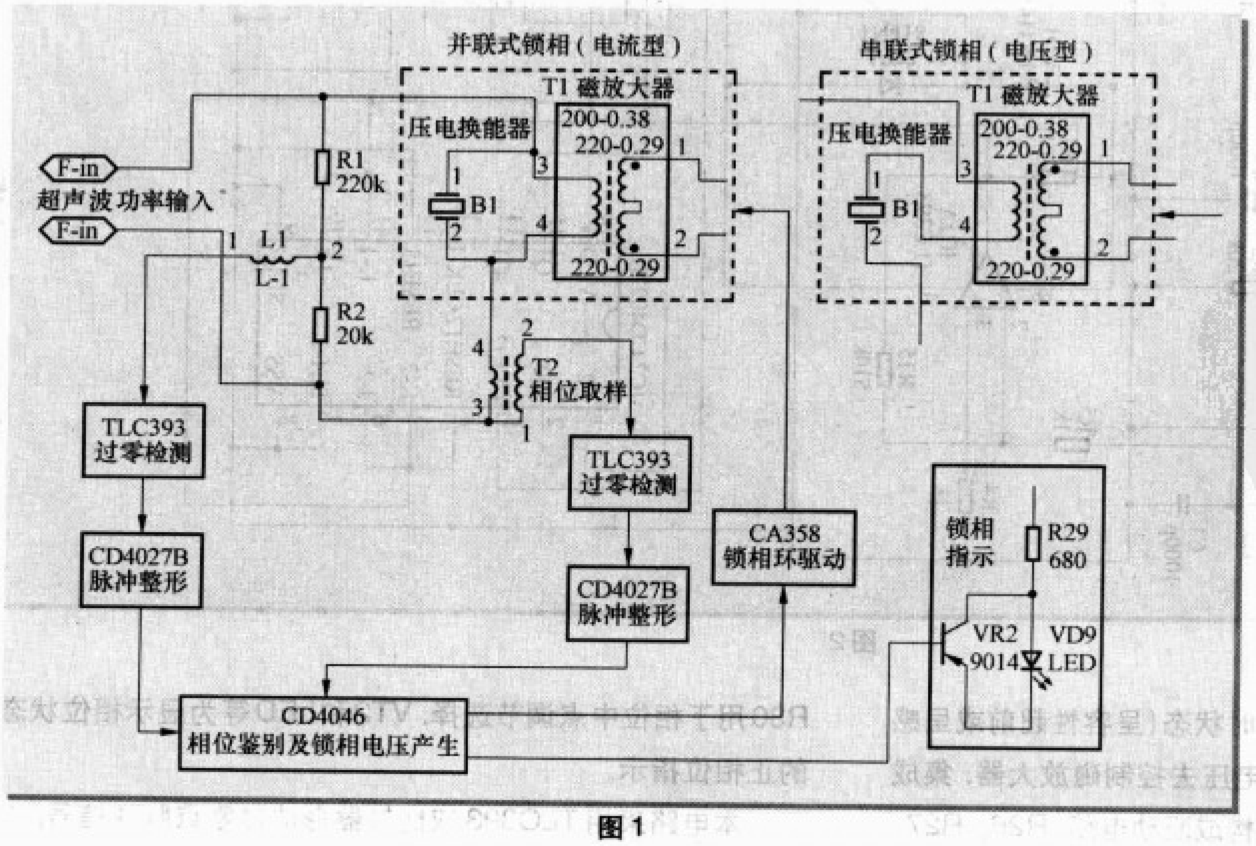


图1

图2是完整的电原理图。本电路的基准相位电压取样信号是取自R1和R2的分压，并经L1、C1、C2高通滤波除去高次谐波，送至TLC393-A处理形成过零点脉冲，另一路相位信号是在超声主电路中串入电流传感器，该传感器输出的电流可正确地反映主电路的瞬时状态（呈容性超前或呈感性滞后）。该信号同样经过C3、R3、C4和R20、VD5~VD8组成高通滤波和限幅电路，也送至TLC393-B处理形成过零点脉冲。两路过零脉冲分别送入接成计数器状态的双J-K触发器CD4027的CP1和CP2进行脉冲整形，整形后的基准相位差的脉冲信号直接送入锁相集成电路CD4046的基准相位差信号输入脚14。另一可反映主电路的相位脉冲，直接送入CD4046的比较信号输入端3脚，两路脉冲信号经内部相位比较器产生一幅度变化的解调电压，恰当地选择该电压的中点，并以此相比

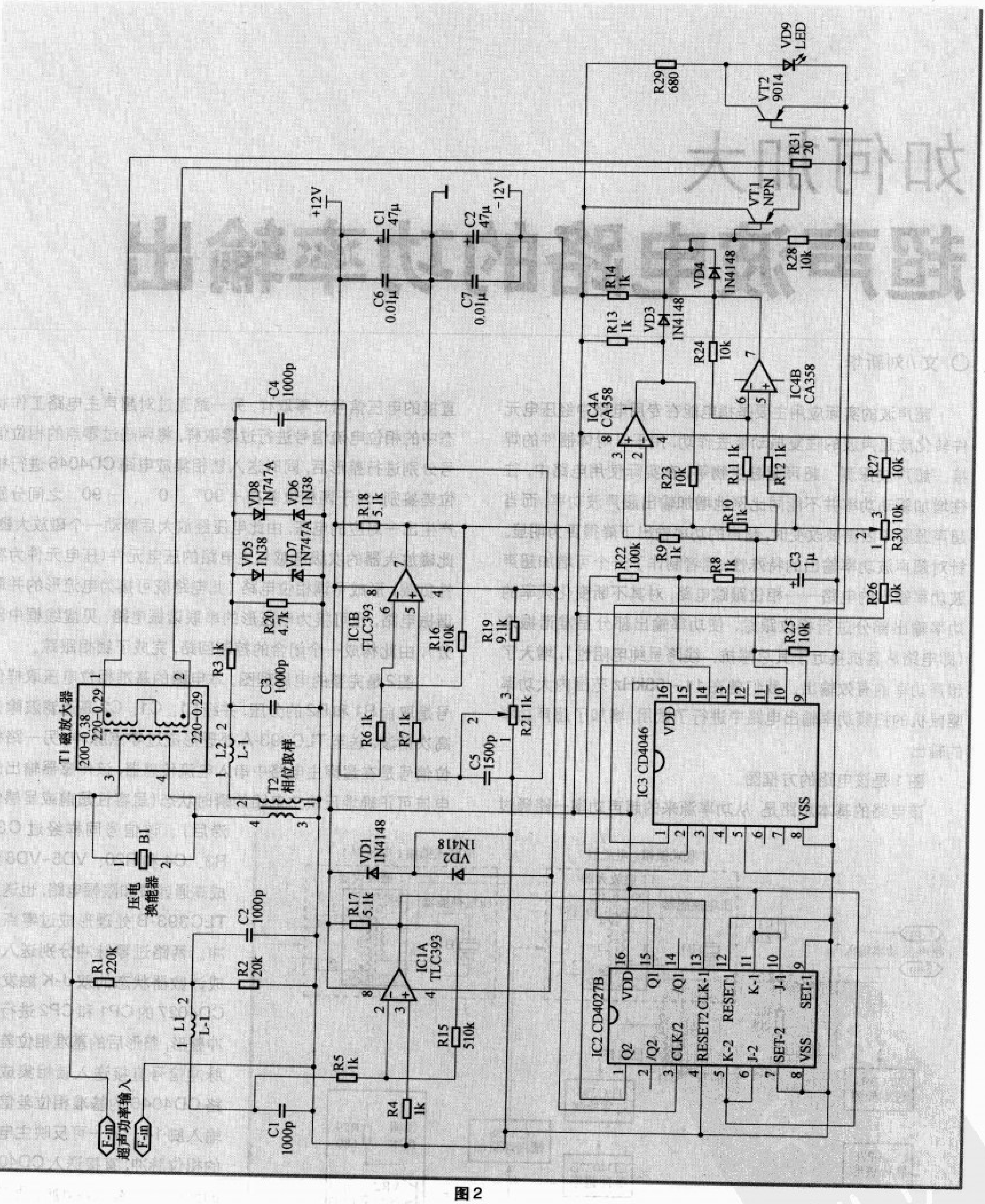


图2

较便可以产生一个与主电路的瞬时状态(呈容性超前或呈感性滞后)一致的驱动电压，由此电压去控制磁放大器，集成电路CA358、VT1边缘相关元件构成驱动电路，R26、R27、R30用于相位中点调节选择，VT2和LED等为显示相位状态的正相位指示。

本电路采用TLC393双比较器形成过零点脉冲信号，该

电路为高速比较器、失调电压在5mV以内，电源电压为3～16V，范围较宽，较通用，价格也很低。过零脉冲整形是采用双J-K触发器CD4027。CD4046是频率锁相环电路，该电路中有一个相位比较器和相位电压产生电路，本电路仅用了该电路的相位比较器部分，相位比较器的输出电压经放大后驱动磁放大器，CA358是通用电压比较器，制作者可根据自己现有材料选用其他比较器。

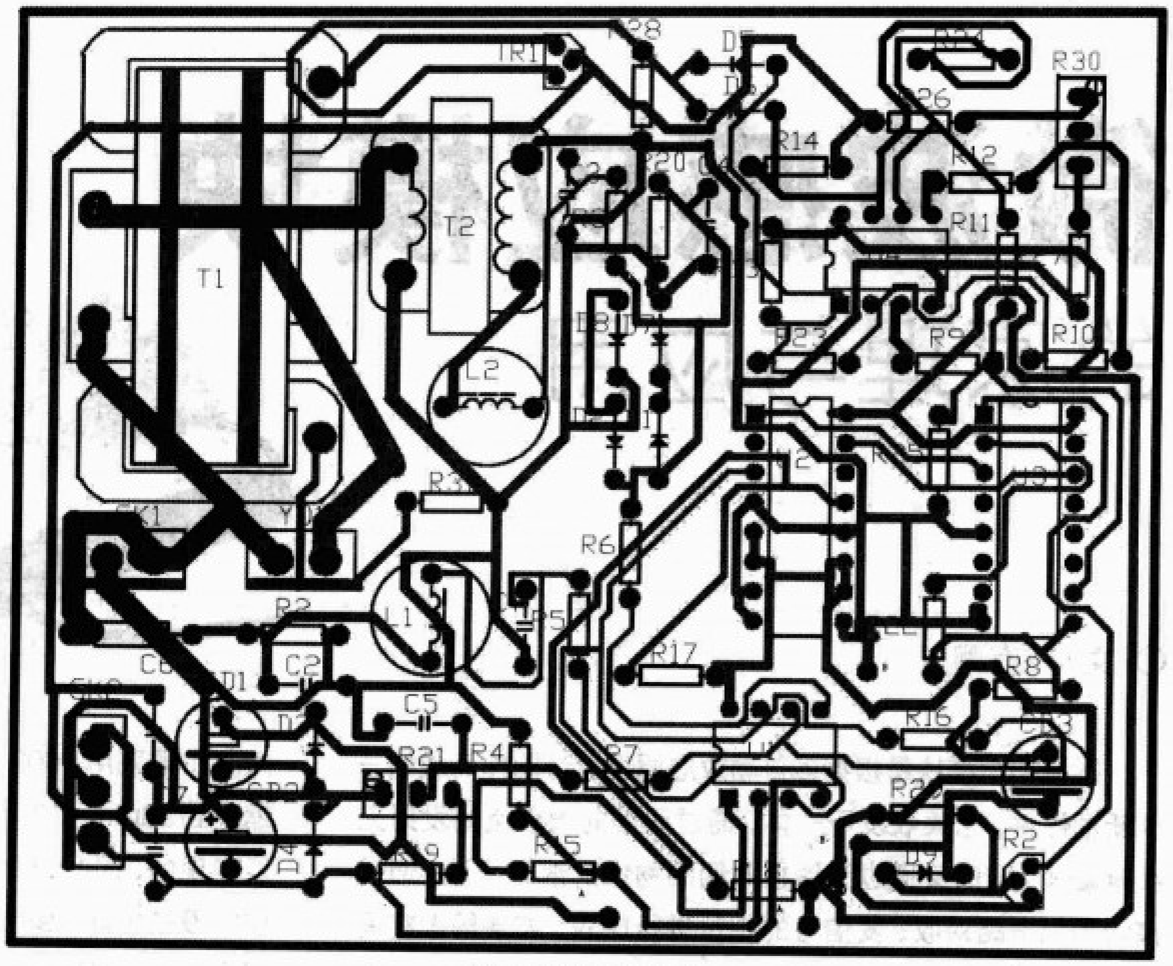


图5 印制电路板图

该电路中的关键器件是磁放大器，其电原理见图3。

图中铁芯A和B的结构尺寸及材料均相同，每个铁芯上绕有直流绕组、交流绕组，两直流绕组和两交流绕组的匝数相同，两直流绕组反接串联后接至直流控制电源。两铁芯中的交流磁通 $\phi_{\sim}$ 方向相同，而直流磁通 $\phi_{=}$ 方向则相反。两直流绕组反接串联的目的是为了抵消两铁芯中的交流磁通在直流绕组上感应的交变电动势。当直流绕组中输入的直流控制电流为零时，两铁芯中均无直流励磁，两交流绕组的电感最大,电抗值也最大，当输入直流控制电流时，铁芯中的直流磁通增加，磁通密度相应增加，两交流绕组的电感减小。本电路正好应用了磁放大器使用直流电流可对电感量进行线性控制的特征完成本功能的正反馈控制的。

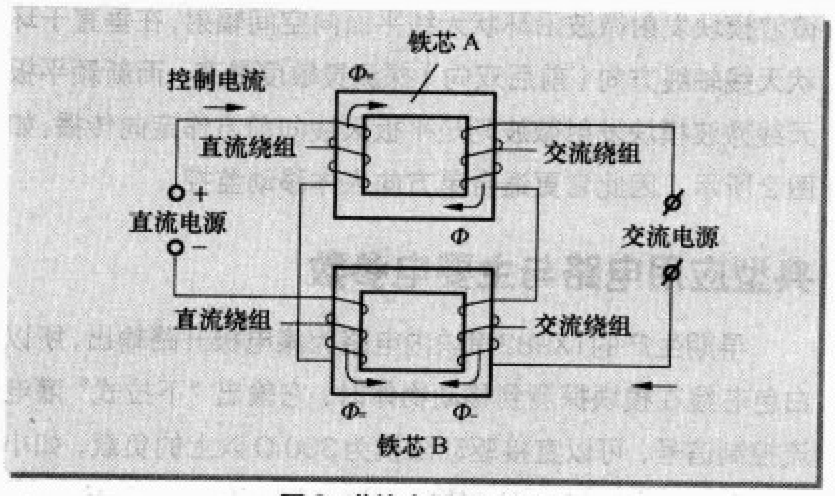


图3 磁放大器原理图

磁放大器可用EI型磁芯或O型磁芯制作，用EI磁芯时将直流绕组分别绕在E型的两边辅助磁芯上，绕组采用串、并联方式均可，但两绕组的绕制相位应相反，而交流绕组绕在中心芯柱上。如采用环形磁芯则直流、交流绕组都绕在磁环上、直流绕组应是圈数相等、相位相反的两个绕组构成，实际圈数应按电路输出功率对照磁放大器相关设计规则计算并且在试验中确定。图4是笔者制作的磁放大器的图片。

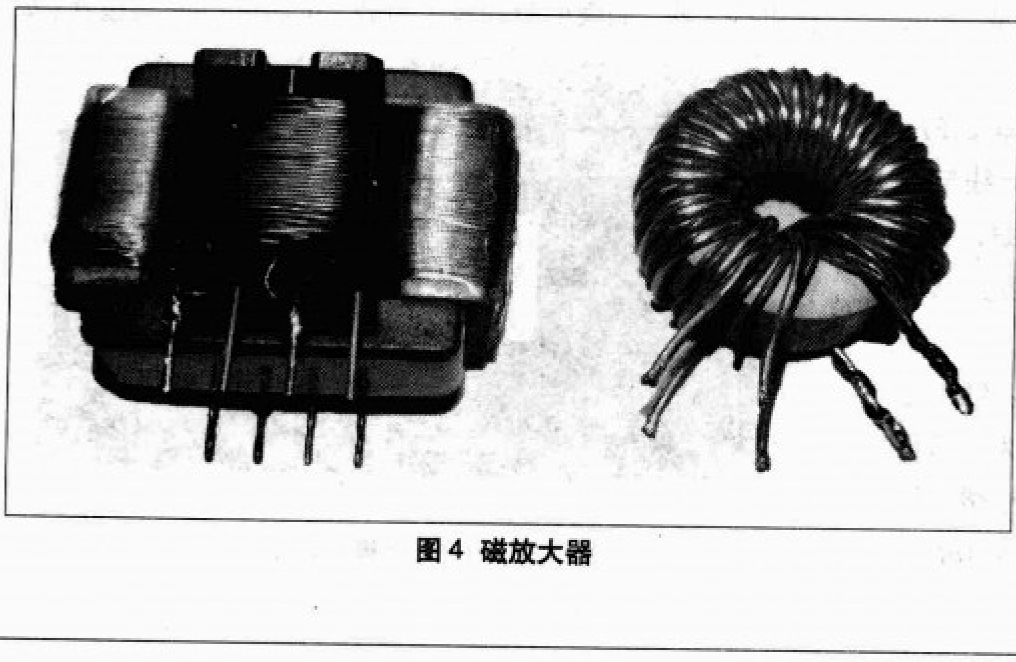


图4 磁放大器

因单面线路板制作成本较低，本电路用单面板制作，读者可根据需要采用双面板制作。图5是本电路的单面印制板图。反复调整R21和R30使换能器输出最大，该线路将会随输入频率的变化自动跟踪。

本电路作适当修改便可应用于大功率谐振式开关电源功率输出部分的辅助电路、扫频功率源和其他在使用过程中不断改变频率的输出功率电路。

微波感应模块的原理与应用

○ 文 / 陈有卿

微波感应模块是根据多普勒效应原理设计制作而成的一种新颖器件，它集收发于一体，通过天线向周围空间发射无线电磁波，同时又通过天线接收周围物体反射的回波，通过模块内部电路对收、发信号的相位进行比较，如果周围空间有移动物体存在，回波信号将产生频移与相差，模块就会有直流电平输出。其工作原理与探空雷达极为相似，所以商品名通常又称为雷达模块，也称雷达感应头等，它们可用于各种自动控制及报警场合，如自动门、自动灯、ATM取款机自动录相监控等。

微波感应模块类型

目前市售微波感应模块大致可分为带环状天线的普通型和不需环状天线的平板型两大类，前者因带环状天线，所以相对体积较大，但品种型号较多，如TX982、RD627、RD9481、TWH9250、SS-968型等，外带的环状天线直径一般在 ϕ 90~190mm。不需环状天线的微波感应模块是近几年才出现的一种新颖微波雷达感应头，它采用内置新型平板式微波天线，整个模块体积可以做得很小，目前ATM取款机自动录相监控等常采用此类模块为核心器件构成，常见型号有HK982、HB100型等。

以普通型微波模块TX982为例，它的全部电路焊装在尺寸约为48mm × 32mm × 17mm的塑料盒（不含天线与安装支架）中，盒顶部带有直径为 ϕ 90mm的环状天线，在盒底部有安装用塑料固定支架，盒侧面有指示用红色发光二极管和一个灵敏度调节孔，模块实物外形见图1所示。TX982有3根外接线，通过长约1.2m的双芯屏蔽线引出：红色芯线接电源正极，白色芯线为信号输出端，金属皮网为电源负端。而平板型的HK982模块体积要小得多，含平板微波天线在内的全部元器件体积控制在41.3mm × 21mm × 18mm内。如果采用0603元件单独定做设计，还可以将这个体积缩小到30mm × 20mm × 15mm，这是普通型微波模块所不能实现的，因此，HK982可以很容易嵌入到需要使用人体感应的设备中。HK982输出直接通过模块印制板上的焊盘接线引出，在印制板上也装有灵敏度调节电位器，以控制感应探测距离，模块外形见图1。

普通型微波感应模块和新颖平板型微波感应模块不但体积大小相差甚远，其探测范围方式也不一样。普通环状天线微波模块发射微波沿环状天线平面向空间辐射，在垂直于环状天线轴线方向（前后双向）探测灵敏度最高；而新颖平板天线微波模块发射微波则是平板天线向前方作定向传播，如图2所示，因此它更适合单方向人体移动监控。

典型应用电路与主要电参数

早期生产的TX982模块内电路为集电极开路输出，所以白色芯线在模块探测到移动物体时，它输出“下拉式”灌电流控制信号，可以直接驱动阻抗为300Ω以上的负载，如小型继电器、光电耦合器（需加限流电阻）等，以带动终端报警机构工作。如果要驱动较大负载，可通过PNP三极管（如

图1 HK982模块外形

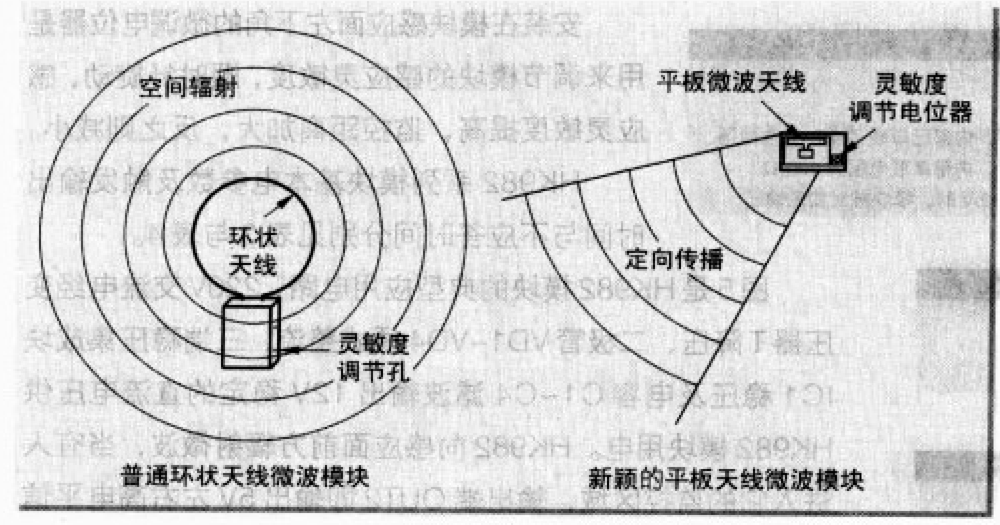


图2

8550型等）控制负载RL动作，其电路如图3左所示。目前生产的新款TX982模块输出形式改为电压方式，有信号时白色芯线输出高电平（7V以上），静态时为低电平。白色芯线可以直接驱动小型负载工作，如需驱动较大负载RL时，可通过外接NPN三极管（如8050型）进行驱动，如图3右所示。

壳体上红色发光二极管用来指示模块的工作状态（平时熄灭，通电初始化和探测到移动人体、物体时发光）。灵敏度调节孔用来调节探测距离，顺时针调探测距离变近，逆时针调探测距离变远。模块内部设有延迟电路，当模块探测到移动物体时，输出端（白色芯线）即输出信号；当被探测物体停止移动时，输出信号将延迟一小段时间（即触发输出时间）后才停止输出，发光管作同步指示。模块在初次加电时，系统有一个闭锁时间，在此时间内使用者可方便地离开监控区域，同时系统完成模块内部电路的初始化并建立电磁场，发光管点亮指示，待闭锁时间结束，发光管熄灭，模块即进入正常监控状态。

新款TX982模块的主要电参数见表1所示。

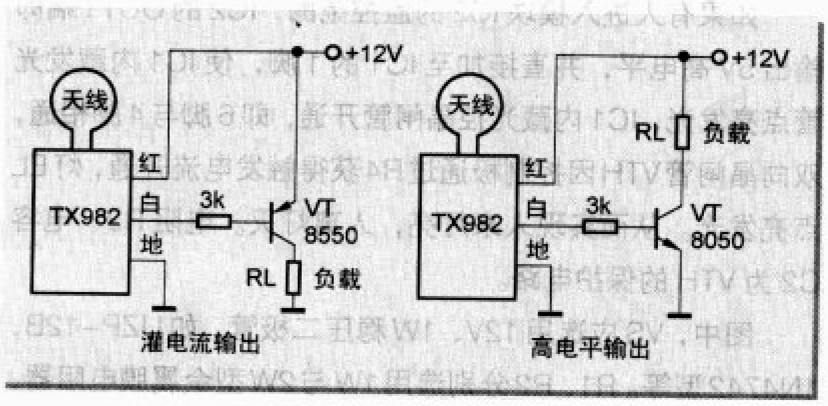


图3

表1 TX982模块主要电参数

参数名称	单位	规范值
工作频率	GHz	2.4
工作电压	V	12~15（典型值12）
静态电流	mA	3
输出形式	–	电压方式
探测距离	m	2～6连续可调
闭锁时间	s	60~90
触发输出时间	s	≥5
工作温度范围	℃	–25～+45

有关TX982模块具体应用电路本刊在以往曾多次介绍过，只是以往介绍的TX982为旧款型号，即输出为“下拉式”灌电流方式，而新款为高电平电压方式，所以后续电路要稍作变化，这点务必请读者注意。

HK982是经过多次改良后的系列新颖平板型微波感应模块，它们体积小巧，无需环状天线，监控范围、方向可控，且灵敏度高。HK982目前有3个型号：HK982-A、HK982-B和HK982-C。

HK982-A主要用于自动取款机（ATM机）的监控和接近开关，侧重于在1~2m内感应确保可靠，它的可调范围在1~3m之间，因使用要求不同，它采用了多次智能判别，以保证在复杂的环境下不会误触发和漏触发。它的感应触发输出时间每次最短8s，如果在8s内再次感应到人体，则将继续保持有输出信号，直到人体走开后8s恢复到警戒监控状态。

HK982-B主要用于自动感应灯、感应门及感应开关等，与HK982-A比较，它的特点是灵敏度比较高，可调范围在3~5m之间，触发输出时间也比HK982-A要长许多，目前此时间为60s左右，并可根据用户不同要求进行定制，并且增加了白天与黑夜控制脚RTS，当RTS脚接合适的光敏电阻RG后，就可以实现白天不输出，晚上有输出的光控功能。

HK982-C是HK982-A、HK982-B的中间产品，主要用于雷达自动驱鸟器。它的可调范围为1~8m，每次触发时间为8s，也带有RTS控制引脚，可以外接光敏电阻器或者湿敏电阻器等其他传感器，以控制模块的开停。

HK982模块内电路由5V电压基准源、射频电路RF、放大器、单片机MCU、平板微波天线等部分构成。

HK982-B模块共有5个引出脚，各引脚功能详见表2。模块设置有OUT1与OUT2两个信号输出端，以方便用户选择使用。其内部电路见图4。

图5中，接在RTS端与地间的RG是外接光敏电阻器，若不接RG，模块RTS端通过内部68kΩ上拉电阻为高电平，

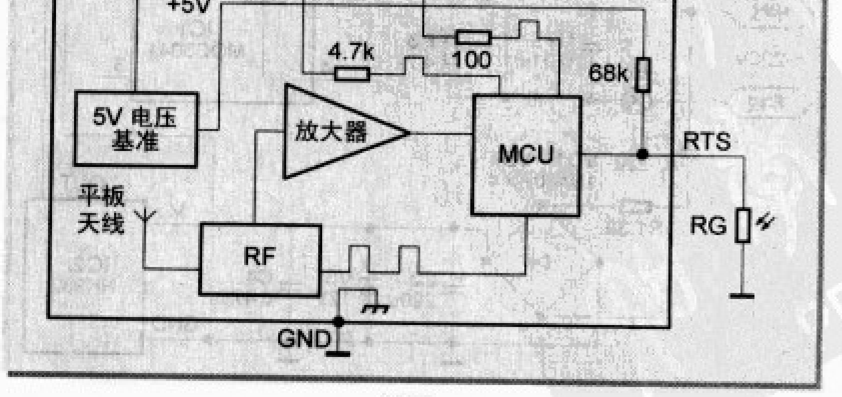


图4

表 2 HK982-B 模块引出脚功能

引脚符号	名称	功能
Vcc	电源正端	外接 12V 正电源，要求纹波系数小
GND	地端	电源地线
OUT1	高阻输出端	模块感应到移动物体时，即输出 5V 高电平，内部已串联了 4.7kΩ 电阻器
OUT2	低阻输出端	模块感应到移动物体时，即输出 5V 高电平，内部串联电阻为 100 Ω
RTS	白天与黑夜控制端	该端悬空为全天候方式；当该端电平低于 1.5V 时，模块被封锁无输出

表 3 HK982 系列模块触发输出时间与不应答时间

模块型号	触发输出时间（s）	不应答时间（s）
HK982-A	8	4
HK982-B	60	7
HK982-C	8，可定做 2~300	4~7

表 4 HK982 系列模块基本电参数

参数名称	单位	规范值
工作频率	GHz	2.45
工作电压	V	7~15（推荐值 12）
电源纹波要求	mVp-p	≤ 30
工作电流	mA	7，如特殊定做可以≤ 3
感应距离	m	A 型 1~3m；B 型 3~5m；C 型 1~8m
输出电压	V	5
输出限流	mA	OUT1 端：≤ 5；OUT2 端：≤ 25

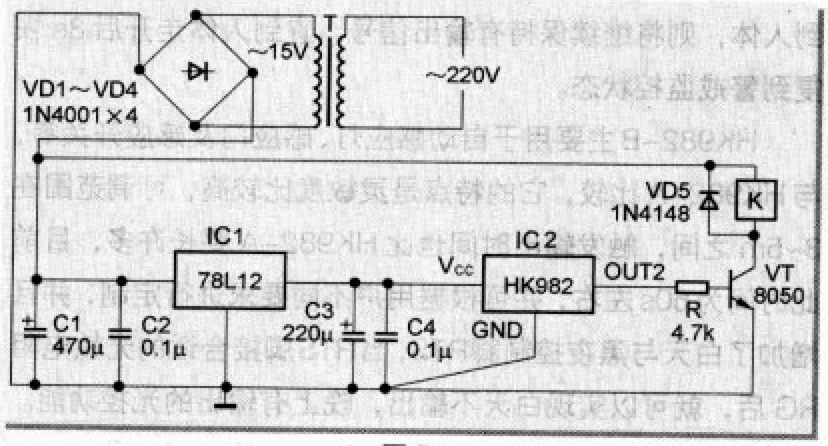


图 5

此时模块为全天候工作方式，即白天与黑夜都能处于监控状态；若外接RG，白天RG因受自然光线照射呈低电阻，RTS为低电平，模块被封锁不工作，不会有信号输出。夜幕来临时，照射在RG上的光线减弱，RG阻值增大，它与模块内部上拉电阻分压使RTS端电平升高，当升至1.5V以上时，模块封锁被解除，适用于白天不需开灯，只需夜间自动感应开灯的场合。RTS引脚也可以接其他的环境物理量传感器，比如将RG改用一个负阻型的湿敏电阻器，就可以在潮湿的时候，关闭模块停止输出。

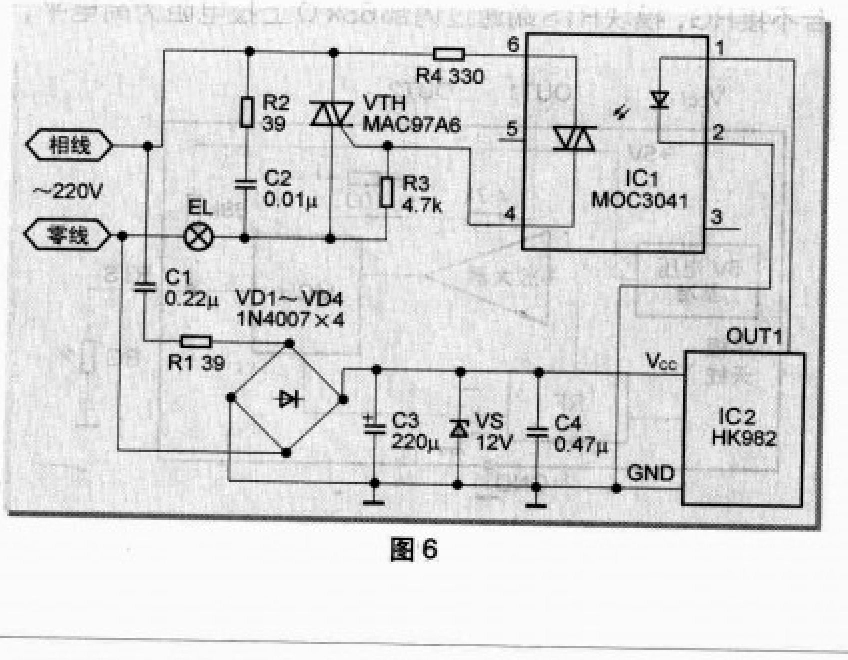


图 6

安装在模块感应面左下角的微调电位器是用来调节模块的感应灵敏度，顺时针旋动，感应灵敏度提高，监控距离加大，反之则减小。

HK982 系列模块基本电参数及触发输出时间与不应答时间分别见表 3 与表 4。

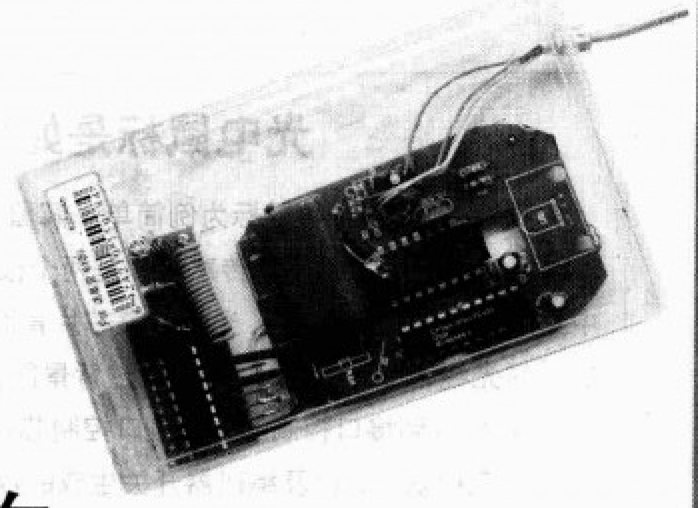
图 5 是 HK982 模块的典型应用电路，220V 交流电经变压器 T 降压、二极管 VD1~VD4 桥式整流、三端稳压集成块 IC1 稳压及电容 C1~C4 滤波输出 12V 稳定的直流电压供 HK982 模块用电。HK982 向感应面前方辐射微波，当有人进入它的监控区域，输出端 OUT2 即输出 5V 左右高电平信号，经电阻 R 加至三极管 VT 的基极，使 VT 迅速导通，继电器 K 得电吸合，其常开触点闭合可接通后续电路工作。如果在模块触发输出时间内进入监控区域的人体持续活动，继电器 K 将保持持续吸合状态。人离开监控区域，触发输出时间过后，IC2 停止输出，继电器 K 释放。此时电路有一个短暂的不应答时间，在此时间内，人体进入监控区域，电路无输出。本电路利用了 HK982 低阻输出端 OUT2，如果改用高阻输出端 OUT1，则可省去限流电阻 R，三极管 VT 基极直接接 OUT1 便可。

图 6 是一个利用 HK982-B 型模块为核心器件设计制作的人体感应自动灯电路，可以做到人来灯亮，人离灯灭。模块的供电电源采用电容 C1 降压限流、二极管 VD1~VD4 桥式整流与稳压管 VS 稳压来实现，C3、C4 为滤波电容器，小电阻 R1 是为了保护稳压管 VS 而设置。IC1 为 MOC3041 型过零触发光控晶闸管驱动器输出的光电耦合器，平时因模块 IC2 的 OUT1 无输出，IC1 内藏发光管熄灭，IC1 内藏光控晶闸管阻断，即器件的 6、4 脚不通，晶闸管 VTH 因控制极无触发电流处于关断状态，灯 EL 不亮。

如果有人进入模块 IC2 的监控范围，IC2 的 OUT1 端即输出 5V 高电平，并直接加至 IC1 的 1 脚，使 IC1 内藏发光管点亮发光，IC1 内藏光控晶闸管开通，即 6 脚与 4 脚相通，双向晶闸管 VTH 因控制极通过 R4 获得触发电流开通，灯 EL 点亮发光。从而实现人来灯亮，人离灯灭。电阻 R2、电容 C2 为 VTH 的保护电路。

图中，VS 应选用 12V、1W 稳压二极管，如 UZP-12B、1N4742 型等。R1、R2 分别选用 1W 与 2W 型金属膜电阻器，C1、C2 应选用 CBB-630V 型聚丙烯电容器，其他元器件无特殊要求。整个电路做成模块，只需加电（交流 220V）和接上灯泡 EL 便可使用。

本电路与图5电路一样都没有使用模块的白天与黑夜控制端 RTS，所以两个电路都为全天候监控模式，如果在 RTS 端与地端并接一只合适的光敏电阻器，则可做到电路只在夜间工作，白天封锁不工作。



让废旧鼠标
变身无线遥控翻页笔

○ 文/乔明哲

鼠标是易耗的电脑配件，经常因外壳或按键损坏而不能正常使用，扔了可惜，留着也没有什么用处。但是，只要动动脑筋，“鸡肋”也同样能够发挥余热。如今无论是教师上课，还是各种商业演示，都离不开电脑多媒体。无线翻页笔可以让我们通过遥控器，在与听众互动的同时轻松地控制电脑，控制多媒体的播放！然而，一支最便宜的无线翻页笔也要好几十元。用废旧鼠标改装既省钱，又能够了解鼠标、射频发射接收电路的工作原理，锻炼动手能力，一举三得！

部件选择

遥控翻页笔由发射、接收两部分组成。发射部分通常是频率为315MHz或者433MHz的射频遥控器，主要功能为控制演示文稿上下翻页，相当于鼠标滚轮的功能。接收部分外观和U盘相似，采用USB接口。如果我们能够将遥控、接收装置与鼠标整合到一起，就可以做成一个遥控翻页笔了。

采用SC2262和SC2272（或PT2272）等芯片的射频遥控器和接收器（见图1），市场上一套价格为15~20元，非常便宜。该类发射器体积小巧，工作频率在315MHz或者433MHz，功率20mW，室内传输距离10m以上，接收器工作电压5V，完全符合我们的需求。接收器芯片编号为“SC（或PT）2272-AB”其中“A”、“B”处编号含义如下：（1）“B”处编号表示遥控通道的数目。（2）“A”处代表工作方式。如果为字母“T”表示自锁方式，也就是按一下遥控器，开始工作，再次按下同一个按钮，停止工作；如果为“L”表示锁存方式，即发射模块按一下，开始工作，按其他键，停止工作；该位为“M”表示点动型，也就是按下某个按钮，接收器相对应的输出引脚输出高电平，松开按钮，该引脚变为低电平。因此，应当买该位芯片编号为“M”的接收器！建议购买SC（或PT）2272-M4芯片的接收器，四路控制足够我们用的了，没有必要买更多通道的，也没有必要买价格高的超外差接收器。注意购买的接收器、发射器要配套，且至少有两个通道。

您还需要找只带滚轮的废旧鼠标，最好是USB接口的，使用起来方便。接口芯片电路必须没有故障，可作如下检测：将鼠标插入电脑接口，打开“控制面板—性能和维护—系统—硬件—设备管理器—鼠标和其他指针设备”，能够找到

图1 射频遥控器和接收器

引脚按图中从左到右的顺序依次为：
VCC VT GND D4 D3 D2 D1

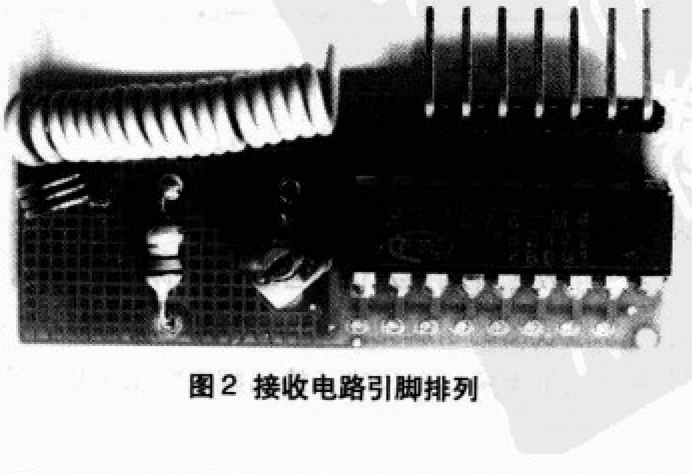


图2 接收电路引脚排列

光电鼠标是如何工作的

我们以USB光学鼠标为例简单了解鼠标的主要元件和工作原理（参考图3）。接口控制芯片和光学传感芯片是两个核心部件（少数鼠标的光学传感芯片中集成了接口控制芯片）。光学传感芯片背面小孔中的CMOS感光器接收LED1的反射光线，DSP芯片采样后通过背景图像比较判断鼠标位移，并通过接口XA~YB传输到接口控制芯片。接口控制芯片将鼠标位移信号，左、中、右（R、M、L）三键状态，以及编码器开关生成的数据信号进行编码，然后通过数据接口D+、D−经USB传递到电脑。

图4中，3个微动开关分别对应着鼠标的3个按键。发光二极管为光学传感芯片提供光源。滚轮编码器是一个转动开关，有3只脚，其中一个接电源正极，另外两个接接口控制芯片的两只脚（即图3中的Z1和Z2脚）。当滚轮滚动时，编码器开关将电源正极先后接通（或者断开）1、2脚，Z1和Z2脚形成特定顺序的数据信号，接口控制芯片根据该信号判断出滚轮滚动的方向，进行信息编码后通过USB数据线传出。有的鼠标在该处采用的是光电对管，其原理是一样的，这里就不解释了。

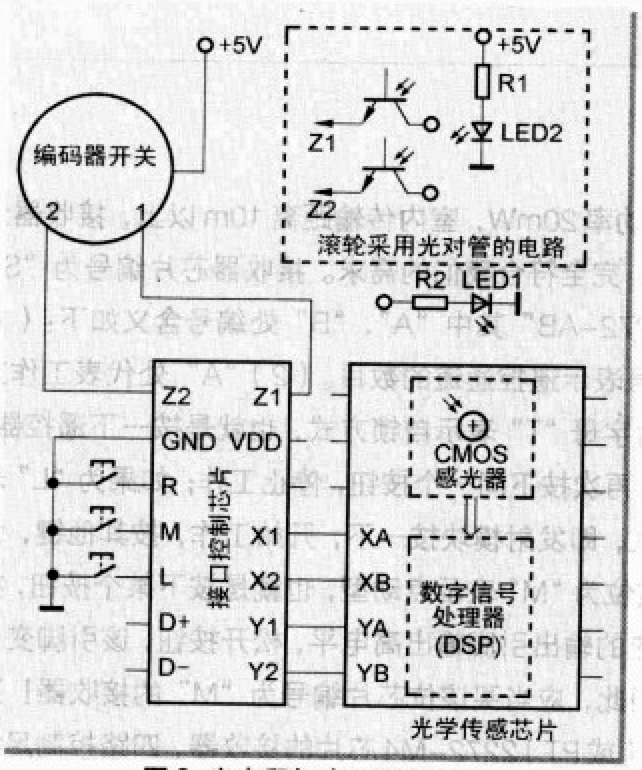


图3 光电鼠标电原理简图

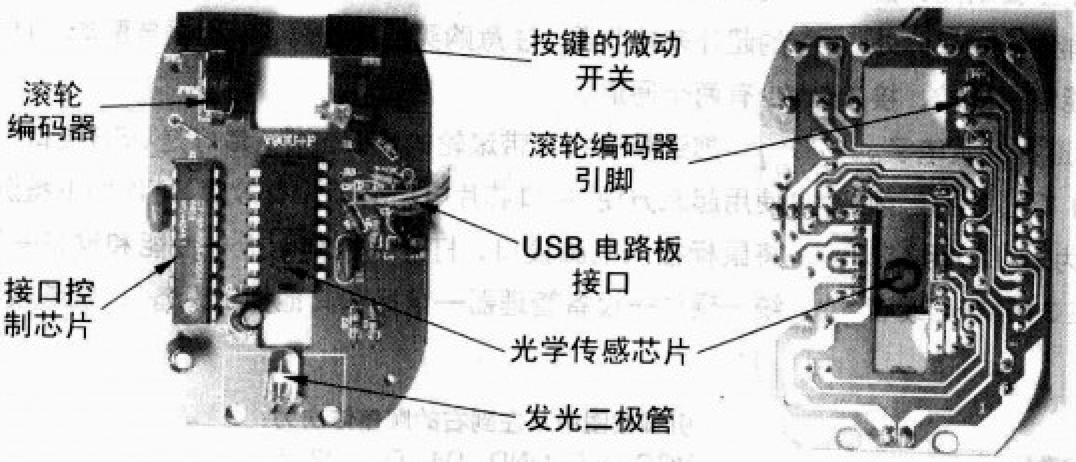


图4 鼠标的主要部件

插入的鼠标即可。

本制作只需要两个电子元件，一只容量在600nF到1μF的电容（无极性）和一只3kΩ左右的电阻。

发射、接收芯片的技术信息互联网上有很多资料，此处不再赘述。接收器的引脚见图2。VCC为电源正极，GND接地（负极），VT为解码有效确认输出端（常态为低电平）解码有效变成高电平，D1~D4为4个数据输出端，分别对应发射器的相应按钮。

组装调试

组装的电原理见图5。如果希望通过接收器控制接口控制芯片发出滚轮滚动的编码数据，就需要模拟编码器开关，给Z1和Z2按相应顺序通、断高电平。然而，仅仅将D1、D3分别与Z1、Z2连接，当我们按下、松开射频遥控器某个开关时，虽然接收器相应数据脚会跳转为高电平、低电平，但不能实现让Z1、Z2按顺序接通高电平，或按顺序断开高电平，因此就不能产生滚轮向上翻页或者向下翻页的效果。

不过，借助电容器就可以解决这个问题。由于电容两端的电压不能够突变，利用其充、放电的过程，就可以改变Z1、Z2两脚电压变化的时间顺序，实现滚轮上、下滚动的效果。当遥控器按钮没有按下时，接收器D1、D3输出低电平。按下遥控器上与D1对应的按钮时，接收器D1脚输出高电平时，Z1变为高电平，Z2在C充电过程瞬间也为高电平，充电完成后Z2变为低电平。当遥控器按钮松开时，D1变为低电平，C开始放电，放电结束后Z1变为低电平。这个过程相当于Z1、Z2同时置高电平后，Z2先变为低电平，Z1再变为低电平，接口控制芯片将根据该信号形成翻页的编码信息。同理D3脚的输出变化正好形成了相反方向翻页的编码信息。由于接口控制芯片识别Z1、Z2两脚电平变化需要一定的时间（即使很短），C应当足够大才能保证其充电过程中Z2的高电平信号被识别。通过实验，该电容的容量在0.6μF以上时比较理想，但不宜过大，否则放电过程会延长，导致两次翻页之间的间隙变长。R可以加速电容放电，实现快速地上、下连续翻页。

由于不同的鼠标电路板可能有很大差异，图6中的实物

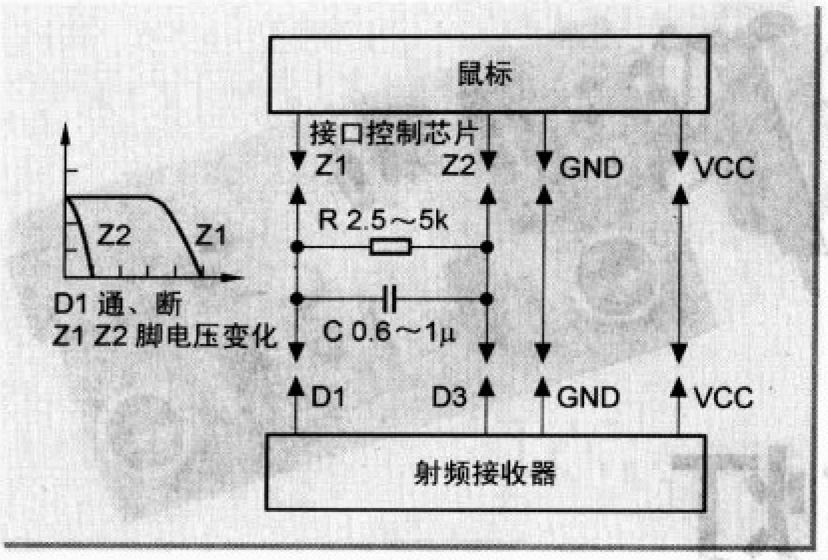


图5 组装电路图

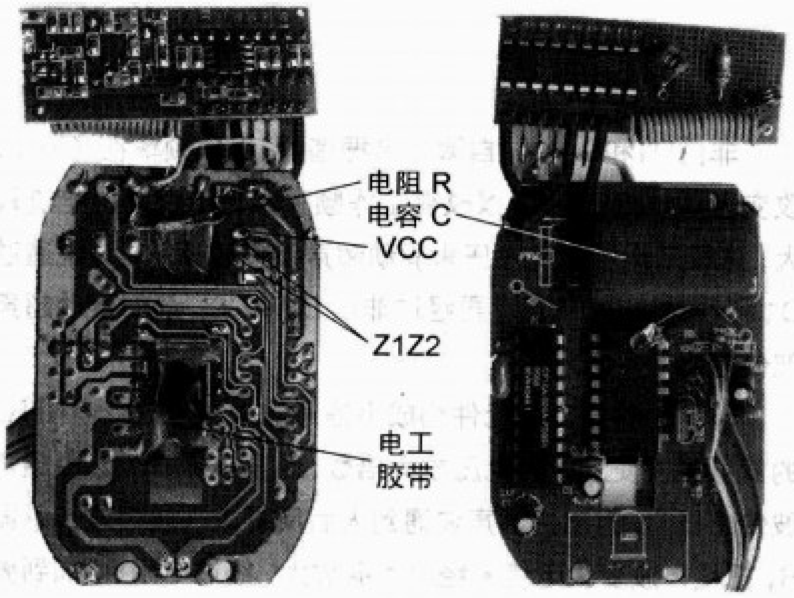
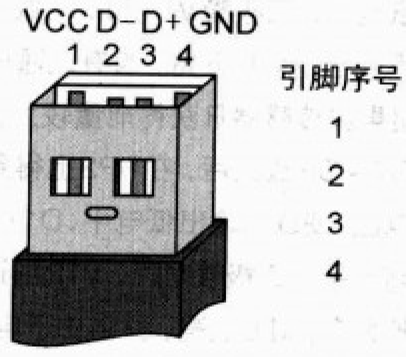


图6 实物组装图

组装仅供参考。拆除鼠标上微动开关、发光二极管和滚轮编码器，可以为改造提供很大的空间，也减少耗电和光线干扰。用黑色电工胶带将光学传感芯片背面的小孔封上，避免光线干扰使光学传感芯片产生位移信号，导致电脑上鼠标光标移动。对鼠标电路板稍做改造，将R和C焊接在鼠标电路板上，然后再将射频接收器引脚通过硬导线与鼠标电路板上的相应部分连接。连接时，注意正确判断鼠标的电源正极和地。图7给出了USB插头的引脚功能，鼠标电路板上USB接口部分通常印有英文字母标识（VCC、GND通常缩写为V和G）。



引脚序号	功能名
1	VCC
2	D−
3	D+
4	GND

图7 USB插头引脚功能

为了防止和别的遥控器窜码，可以给发射芯片与接收芯片进行地址编码（不编码也可正常工作）。编码是通过将芯片地址管脚设置不同状态实现的（见图8），图中遥控器和接收器各8个地址管脚，分别可置为“0”（低电平）、“1”（高电平）、“f”(悬空)三种状态。悬空状态地址管脚不做任何变动，高、低电平只须用焊锡将管脚与相应铜箔搭接即可。需要注意，发射器与接收器必须按同样的顺序编码，否则不能够正常工作。

我们已经将遥控笔组装好了，将鼠标插头插到电脑插口中，打开一个演示文稿，进行测试！按下、松开遥控器上相应的按钮，电脑中的演示文稿就会翻动了。如果遥控器按钮和演示文稿翻页方向搞反了，将D1、D3两脚对调一下即可。可以变换接收器上的数据脚，选择遥控器上用起来最顺手的按钮分别作为上、下翻页按钮。

如果电路不能正常工作，可按照以下步骤检查：分别按下遥控器相应按钮，测量D1、D3脚，应输出+5V左右的高电平。如果输出正常，则检查D1、D3脚，C和R，以及Z1、Z2脚是否正确连接。如果连接正确，检查鼠标是否正常，按下鼠标任意一个按键的微动开关（如果开关拆除，可用镊子直接将电路板上的焊点短路），看下电脑是否执行该按键的操作。如果D1、D3无输出，应检查接收器VCC、GND脚是否与鼠标正极和地正确连接，遥控器、接收器的地址编码是否一致。

调试好了吗？别忘记给遥控笔找个好看的外壳。笔者把它装进一个透明的手机电池盒，工作时鼠标上的发光二极管还亮起蓝光，非常可爱呦！

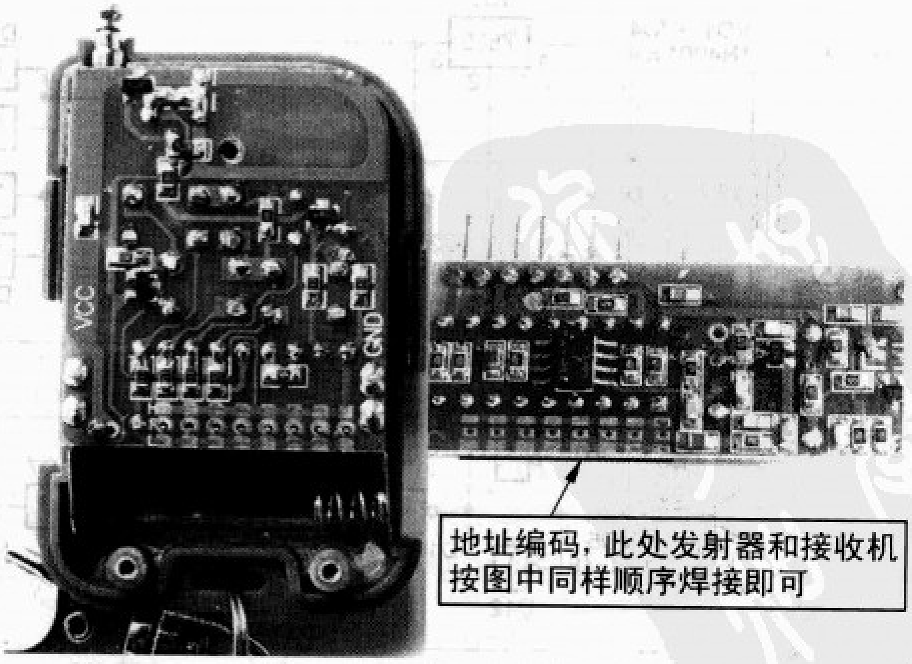
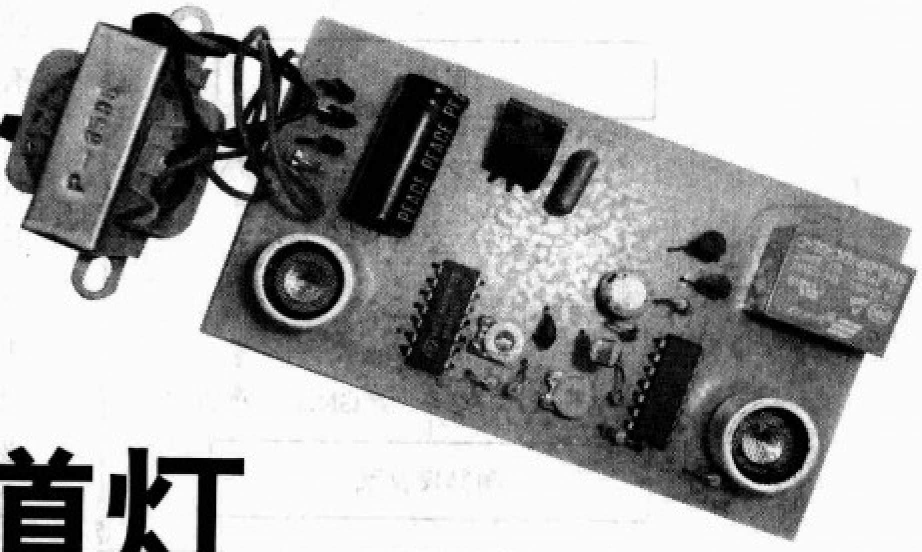


图8 发射、接收芯片编码



用超声波控制你的楼道灯

○ 文/俞虹

本文介绍一种用超声波控制的楼道灯，它利用超声波反射的方法进行开关控制，能做到人通过楼道时自动点亮电灯，并延时一段时间熄灭，白天不亮。超声波反射式楼道灯相比红外线式有较大的优点，如它的探测距离比较远。与目前使用的热释红外灯相比也有优点，如人不移动也可以控制。当然也有不足之处，如控制范围比较小。因此，我们可以根据需要选择不同的超声波传感器产品。

工作原理

电路图如图1所示。220V的电压通过变压器B的变压输出12V的电压经过二极管VD1~VD4的整流后加到稳压集成块IC1的输入端，并经过稳压后输出9V的稳定电压供给后级电路使用。

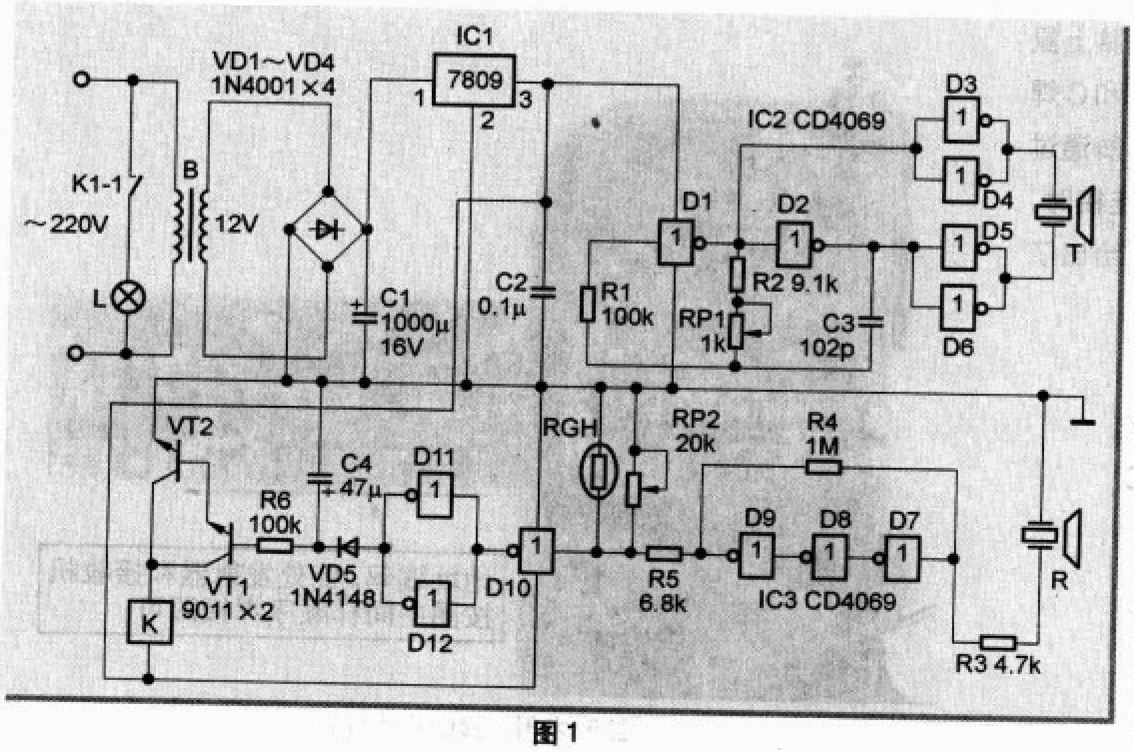


图1

非门D1和D2构成自激多谐振荡器，工作频率在40kHz，改变微调电阻RP1可以改变工作频率。为了使输出电流较大，这里采用了交流电压来驱动超声波传感器。方法是通过D1和D2输出端输出，再经过非门D3~D6，最后推动超声波传感器T发出超声波。

非门D7~D9等元件构成小信号放大器，改变电阻R3的值可以改变放大器电压放大倍数，这里取4.7kΩ。由超声波传感器T发射出的超声波遇到人后反射进入超声波传感器R，把超声波变为电信号经放大器放大，经过电阻R5加到微调电阻RP2上，信号同时通过非门D10反相再经过并联非门D11和D12作进一步整形，再经过二极管VD5进行信号隔离加到电容C4上，在电容C4上形成比较平稳的直流电压。最后，直流信号通过复合三极管VT1、VT2的基极，由三极管导通和截止控制继电器K的吸合和断开，从而进一步通过K1-1控制灯泡的亮和灭。当没有人通过楼道时，超声波反射到超声波传感器R的能量很小，经过D7~D9构成的放大器放大后在RP2上的信号电压很小，不能使非门的电平发生变化，即D10输出为高电平，D11、D12输出为低电平，三极管VT1和VT2截止，继电器不吸合，灯L不亮。当有人通过楼道时，超声波传感器R获得能量较大，由放大器D7~D9放大后，在RP2上得到较高信号电压，使D10输出低电平，D11、D12输出高电平，三极管VT1、VT2导通，继电器K吸合，灯L点亮，并且由于电容C4通过VT1、VT2的放电使电灯L能延时20s

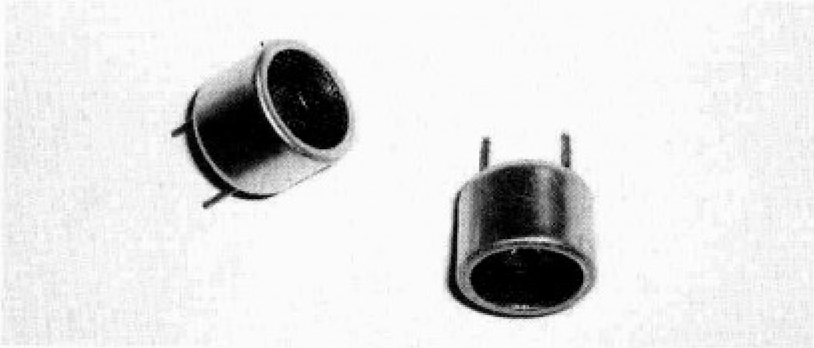


图2

后熄灭。调RP2可以改变D10的触发电平。光敏电阻RGM在白天电阻很小，使D10输出总为低电平，电灯L不亮。

元件选择

集成稳压块IC1选用7809。非门集成电路IC2、IC3选用CD4069或HCF4069，质量要好的，以便能可靠工作。三极管VT1和VT2用9011，β在100~150之间。二极管VD1~VD4用1N4001，VD5用1N4148。微调电阻RP1、RP2用卧式塑料调整盖微调电阻。电容C3选用1000pF的瓷片电容。继电器K用小型9V的。超声波传感器用40T和40R各一只，可以从网上邮购，外型如图2所示。光敏电阻RGM用亮阻小于3kΩ暗阻大于1MΩ的。变压器B用3W双6V的。

制作和调试

先按照电路图设计制作一块电路板，大小要求刚好能装入外壳为准。要求发射和接收电路在电路板的两侧，稳压电路在发射电路的同侧。超声波发射头T和接收头R相距8cm左右。电路板制作完成后，检查元件焊接是否有误，把可能焊错的元件纠正过来，然后调试。首先，调试可以在室内进行，先在电路板的地线部位焊一块作为底座的电路板。接通220V的电源，测IC1的输出电压应为9V。然后调整多谐振荡器的频率，方法是：将和传感器T连在一起的印制电路断开（可以用小刀刻一个口）。在断开处焊一只IN4001的二极管，然后用万用表直流10mA挡接在二极管两极上。调微调电阻RP1使电表的电流最大。如电流减小，要反方向调，直到电流最大，可以反复多次。要细心，调得越准确，效果越好。并且，调试时超声波传感器T的前方不要有障碍物，以免影响调试。然后将电路板连同底座固定在桌子上，在电路板前2m处放一木板，调微调电阻RP2，使继电器刚好吸合，如图4所示，同样可以反复多次。如无法确定继电器是否吸合，可以在继电器触点上接发光管，通过发光管亮灭来确定。

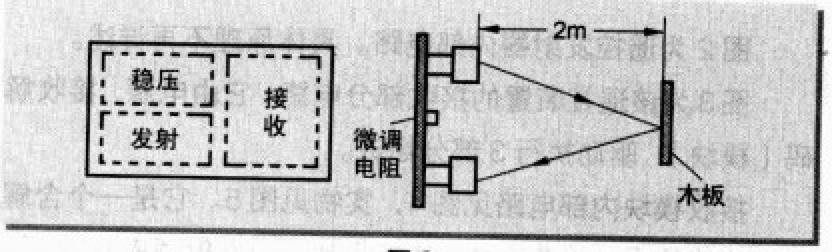


图3

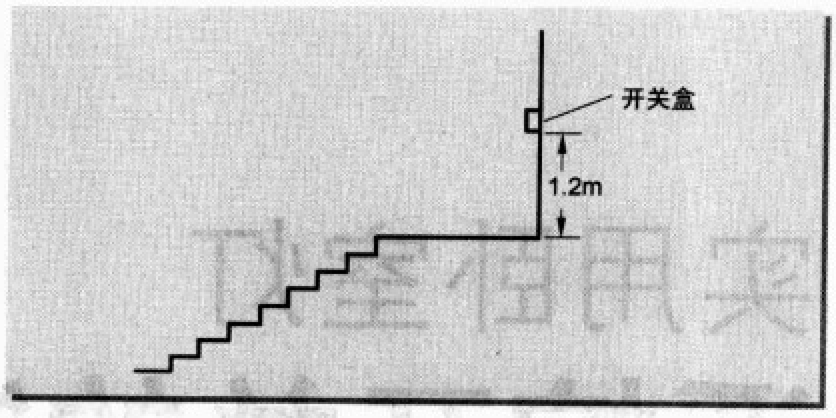


图4

完成后，找一个塑料外壳，在外壳前方开两个孔，让超声波传感器能露出一些，为了避免调试时损坏电路板，最好在传感器的引脚上再涂上AB胶进行加固，同时在外壳上开一小孔让光敏电阻露出。然后把电路板和变压器用螺丝固定在壳内，并引出4条导线，2条接220V电源，2条接电灯。完成后，将开关盒安装在楼道过道1.2m的高处，并且前方要空旷一些，这样才能使开关工作起来灵敏一些。电灯可以使用原来的楼道灯，如图4所示。安装完成后，先不要接光敏电阻，进行进一步的调试。方法是，调整RP2使人来灯亮，并能延时20s灯灭，可以反复多次直到满意。最后，接上光敏电阻，这样反射式超声波楼道灯即制作完成。

T/R超声波传感器简介

T/R超声波传感器利用压电效应进行工作，通常我们又叫它超声波换能器。其振动片用压电陶瓷制作成，并加上锥形喇叭，可以提高振动的灵敏度。当处于发射状态时，外加40kHz的工作电压就能产生超声波，将电能转换为机械能。当处于接收状态时又能灵敏地接收超声波，并把机械能转换为电能。

T/R40系列传感器分为发射和接收两种。发射式传感器型号为T-40XX，接收式传感器型号为R-40XX，适用于空气作为传播媒介的发射和接收电路中。传感器在发射超声波时有一定的指向性，即空间位置有的位置声压强，有的位置声压弱，一般为传感器正前方声压最强。

目前，超声波传感器不断有新的产品出现。如有的既能用于发射超声波，又可以用于接收超声波，并且有的还有防水功能，适合室外使用。

实用卧室灯
遥控开关的制作

○ 文/刘潇

大多数家庭装修后，电气线路都埋入墙内，要对室内的电灯进行遥控，都是将遥控接收装置装在原墙壁开关内。虽然可以实现遥控，但必须持有遥控器电灯才能开、关。

怎样尽可能最少地改动原电气线路又可以避免上面所述的麻烦呢？本文介绍一种卧室电灯遥控开关，利用这个装置，不用对原墙壁开关进行改造，并可保持原来墙壁开关的开、关作用。人们进门可以像以往一样用墙壁开关打开卧室的灯，上床休息，或看书，听听音乐。想睡了，只要按动遥控器就可以关掉电灯。夜间如果需要开灯，也只需再次按动遥控器即可开灯，非常方便。如果遥控器一时找不到，使用墙壁开关还是可以开、关灯。

下面我们介绍这个装置的制作。

图1为本装置的实物图，它由发射、接收两部分组成。遥控器采用市面上常见的且非常便宜的成品无线遥控发射器，它体积小巧、外形美观，可挂于钥匙串上，随身携带。其上有4个按键，可分别发射四路控制信号。本文介绍的遥控装置利用其中的任意一个按键即可遥控开关电灯，由于电路采用无线电编、译码方式，不受方向性限制，直线控制距离大于50 m，可控制功率在2kW以下的电灯或其他电器的开和关。

图1 遥控收发装置实物

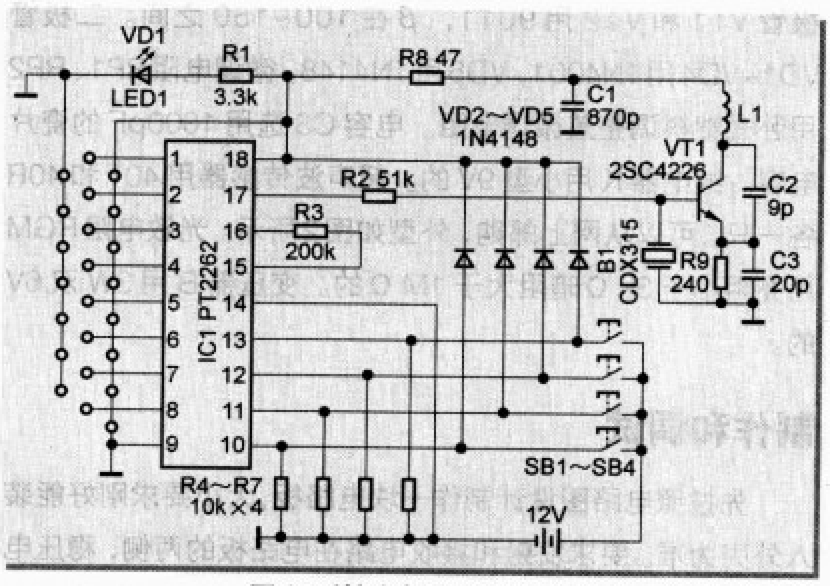


图2 遥控发射器内部电路

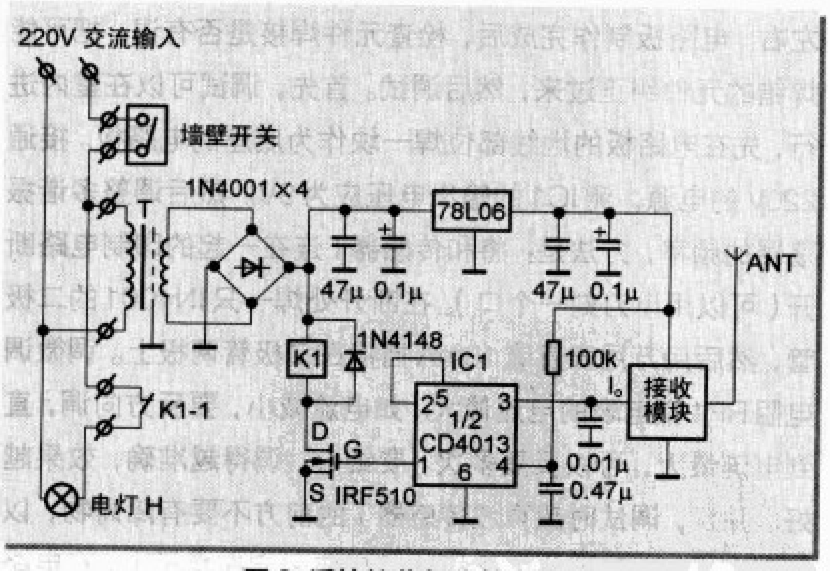
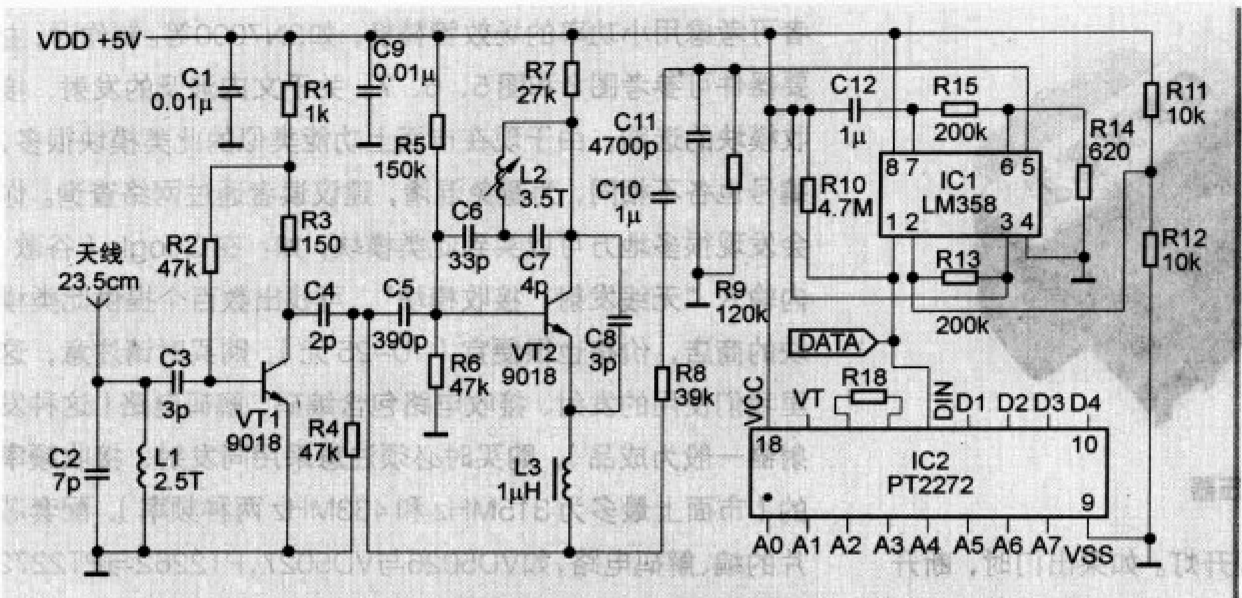


图3 遥控接收部分的电路

图2为遥控发射器内部电路。具体原理不再详述。

图3为该遥控装置的接收部分电路。它由电源、接收解码（模块）、驱动执行3部分组成。

接收模块内部电路见图4，实物见图5。它是一个含解码电路的超再生接收电路，其接收频率与发射频率对应，两



IC PT2272 的 17 脚为接收有效状态指示；10～13 脚为解码后的 4 个数据脚；1～8 脚为三态 (VSS、VDD、空) 编码脚。LM358 的 1 脚 (DATE) 输出的是调制后的方波信号。

图 4 接收模块内部电路

者配套使用。超再生接收模块（见图5）有7个引出端，分别为D1、D2、D3、D4、GND、17、V_{CC}（见图5b），其中V_{CC}为5~6V供电端，GND为接地端，17端（VT）为解码有效输出端，10、11、12、13端是解码芯片PT2272(SC2272)集成电路的四位数据锁存输出端，分别是D1～D4，有信号时能输出5V左右的高电平，驱动电流约2mA，与发射器上的4个按键一一对应。

该接收模块采用SMD贴片工艺制作，内部含放大、整形及解码电路，非常适合我们进行二次开发。该接收电路与一般的分立元件组成的超再生接收电路相比，具有以下特点：

（1）天线输入端有选频电路，而不依赖1/4波长天线的选频作用，控制距离较近时可以剪短甚至去掉外接天线；

（2）接收电路自身辐射极小，加上电路模块背面网状接地铜箔的屏蔽作用（见图5a），可以减少自身振荡的泄漏和外界干扰信号的侵入；

（3）接收机采用高精度带骨架的铜芯电感将频率调整到315MHz后封固，这与采用可调电容调整接收频率的电路相比，温度、湿度稳定性及抗机械振动性能都有极大改善。

可调电容调整精度较低，只有3/4圈的调整范围，而可调电感可以做到多圈调整。可调电容调整完毕后无法封固，因为无论导体还是绝缘体，各种介质的靠近或侵入都会使电容的容量发生变化，进而影响接收频率。另外，未经封固的可调电容在受到振动时定片和动片之间发生位移，温度变化时热胀冷缩会使定片和动片间距离改变，湿度变化引起介质变化改变容量，长期工作在潮湿环境中还会因定片和动片的氧化改变容量，这些都会严重影响接收频率的稳定性。采用可调电感就可解决这些问题，因为电感可以在调整完毕后进行封固，绝缘体封固剂不会使电感量发生变化，而且由于采用贴片工艺，所以即使强烈震动，也不必担心接收频点漂移，接收电路的接收带宽约500kHz，产品出厂时已经将中心频率调整在315MHz，接收芯片上的微调电感约有5MHz频率的可调范围，使用时不要轻易变动，以免影响性能。

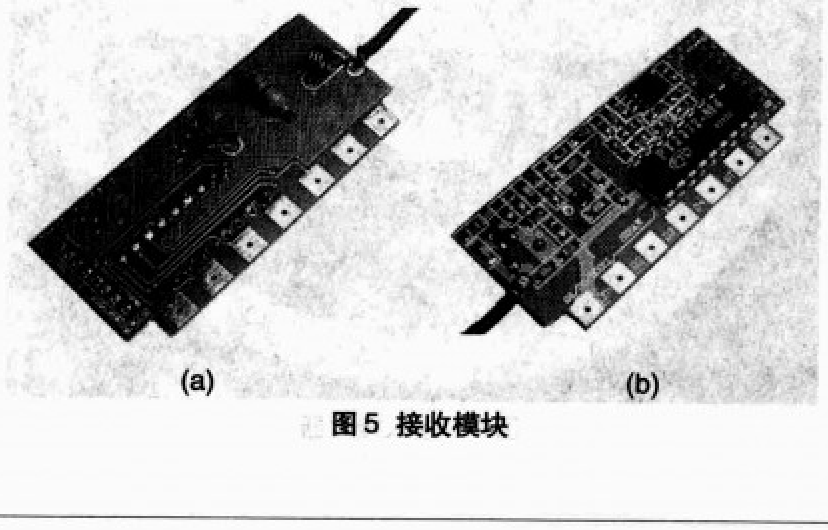


图5 接收模块

由前面分析我们可以看到，接收电路的工作原理非常简单，利用接收模块的解码有效非锁存输出端VT来触发后面的电路工作。当按下任一发射键时，如接收电路编码与发射部分吻合，接收有效端（VT）输出4V高电平，电流约2mA的信号，松开发射键，此信号即消失。

平常不开灯时，由于墙壁开关断开，整个电路不工作，电灯L不亮。当墙壁开关打开时，接收电路得电工作，IC1的上电复位电路（100kΩ电阻、0.47μF电容）使电路自动复位，输出为“0”，K1不工作，K1-1（常闭点）处于默认的闭合状态，此时电灯H得电点亮。IC1为双D触发器集成电路，这里只使用了其中的一个D触发器，并将其接成双稳态形式。当按下遥控器按键时，接收模块接收有效端VT输出的非锁存信号进入CD4013的CP端，触发后Q（1脚）由原来的低电平“0”状态跳变为高电平“1”状态，并通过输出管IRF510使继电器K1吸合，断开K1-1，实现关灯操作。

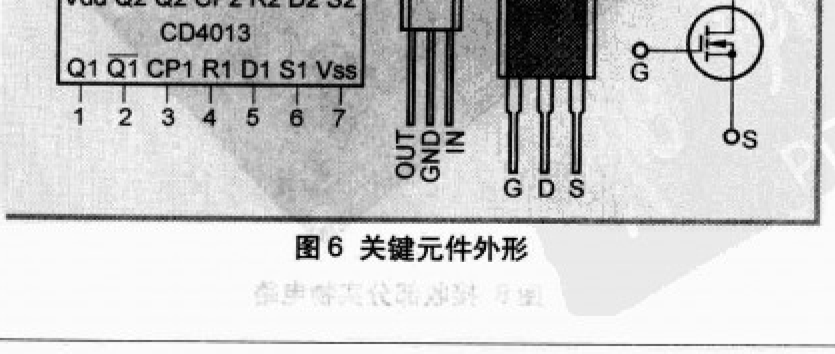


图6 关键元件外形

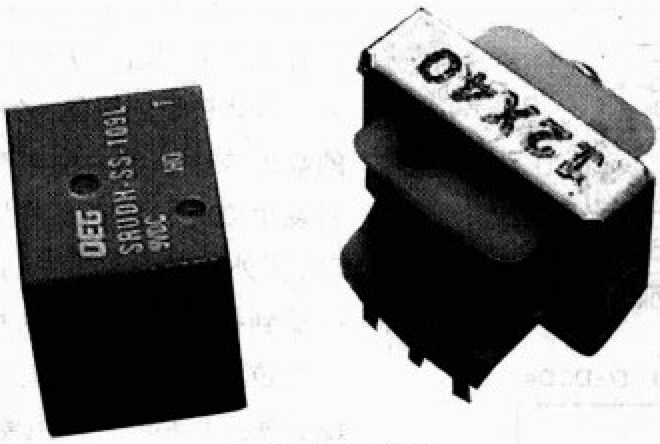


图7 微型变压器

同理，再次按动发射键，可以实现开灯。如果出门时，断开墙壁开关，整个电路停止工作，K1-1保持在接通位置。

电路工作（继电器动作）时，整个接收电路的电流约为25mA，继电器不工作时为5mA，非常省电。由于电源消耗不大，可考虑采用电容压降供电（电源供电电流要在50mA以上），接收部分体积会更小，但制作时要注意安全，不要触电。

制作时电源要留有一定裕量，以保证继电器动作时，接收部分电压不会有任何波动，否则会使接收模块工作异常，不能正确解码，影响接收距离和输出电平紊乱，降低电路的可靠性。制作时，为确保电路安全，这里采用的是微型变压器（见图7），由于体积的限制，其功率非常小，副边12V/50mA输出，这对整个电路的功耗就有了一定要求。这里我们选择的继电器的吸合电流为20mA，电压为12V。继电器的功率由被控制的对象功率确定，但必须注意其可靠吸合电流不能超过电源电路的一半。实际制作时，如果接收装置对体积和功耗没有严格限制，也可考虑普通的小功率变压器或其他普通继电器，读者可以自己根据情况决定，没有严格要求。

由于电源电路容量有限，输出场效应管IRF510不能用一般的常见三极管（如8050、9013）替换，否则输出会变得不可靠。由于IRF510是大功率场效应管，有点浪费，读者可考虑用小功率的场效管替换，如2N7000等。制作时，主要器件可参考图3和图5、6、7。关于文内涉及的发射、接收模块的选购，由于现在市面上功能类似的此类模块很多，编号也各不相同，为避免混淆，建议读者通过网络查询。你会发现很多地方可以买到此类模块，如：在Google（谷歌）内输入“无线发射、接收模块”，可找出数百个提供此类模块的商店，价格也很便宜（10~25元）。购买时请注意，这里我们使用的发射、接收电路包含编码、解码电路（这种发射器一般为成品）。购买时必须注意采用同发射、接收频率的（市面上最多为315MHz和433MHz两种频率）、配套芯片的编、解码电路，如VD5026与VD5027，PT2262与PT2272（这种现在市面上最多）。

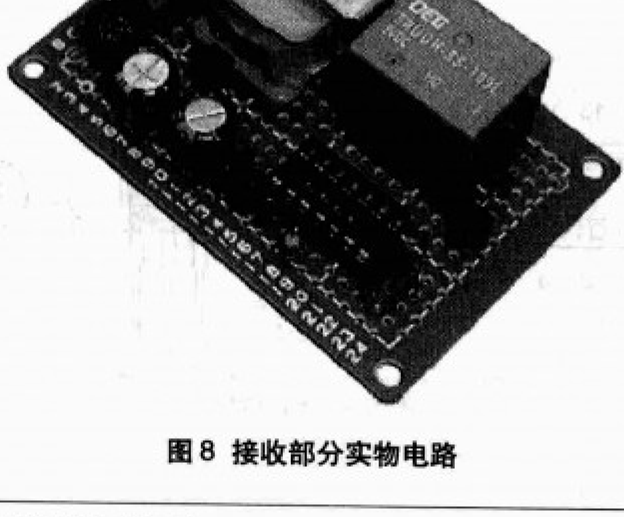


图8 接收部分实物电路

本制作中，双D触发集成电路CD4013只用了其中的一个，剩余的可将输入端全部接地，输出端悬空即可。图8为制作基本结束后的接收电路部分，IC1和接收模块没有插入。

电灯部分的改装也非常简单。先确认墙壁开关在断开的位置，将房间内的总电源断开。打开要改装的电灯罩（见图9），剪断电灯的两根电源线，如电源线太短，可将电源线从灯内取出接到本接收器上，再找两根线接入灯内，将本装置按图3方法接入电路，改造工作即告完成（见图10）。该装置已实际使用两年多，非常可靠和方便。

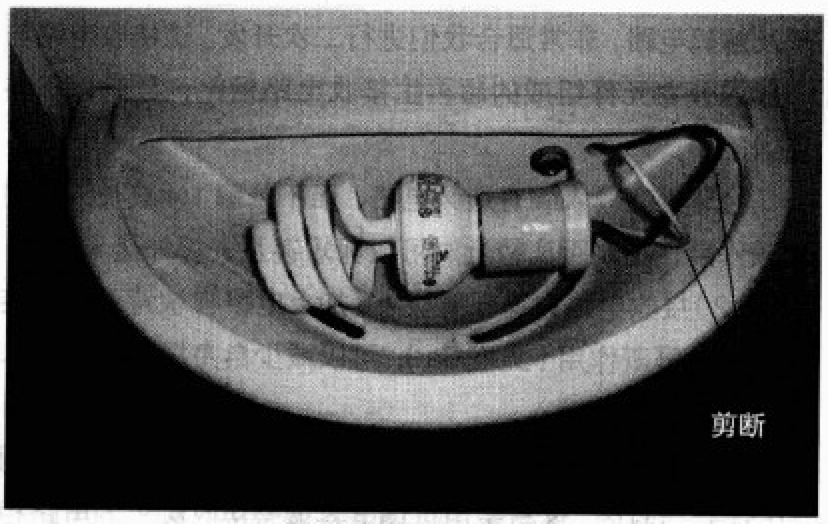


图9 剪断两根电源线

图10 接入接收器

自制简易可靠的
电感测量仪

○ 文/杜灿鸿

本文介绍的电感测量仪利用普通的CMOS反相器构成一个皮尔兹CMOS缓冲振荡器，因为振荡频率与LC回路的参数有关，通过测量频率可以间接测量电感，并且测量值与电感的内阻基本无关。本电路原理简单，无需调试即可正常工作，适合有频率计但没有电感计的同好制作。

基本原理

电路原理见图1。

IC是一个CMOS的六反相器，将A、B、C三个非门首尾相连，等效于一个高增益的反相器，其实只用其中一个也可以，但是一个4069里面有6个非门，3个非门连接的总增益大于1个非门，有利于振荡的稳定。

R1是负反馈电阻，当该部分工作在放大状态时，放大倍数约为：$A=R1/R2=2.2\text{M}\Omega/2.2\text{k}\Omega=1000$倍。JP1处接入电感，它与C1、C2构成平衡共振，频率为$f_o=1/(2\pi\sqrt{L_xC_S})$，其中$C_S=C1C2/(C1+C2)$。当频率等于$f_o$时，LC网络将反馈信号反相，刚好形成正反馈，输出一个稳定的振荡信号，这个信号经过一个非门进行整形隔离后，就可以输入频率计，测出频率后根据$f_o=1/(2\pi\sqrt{L_xC_S})$逆推出$L_x$。

R2的作用是增加了共振频率周围的偏移相位，提高频率稳定性，也可以理解为增加了共振频率周围的衰减量。R2也使输出信号与LC共振网络隔离，使输出端的波形更接近理想的方波。

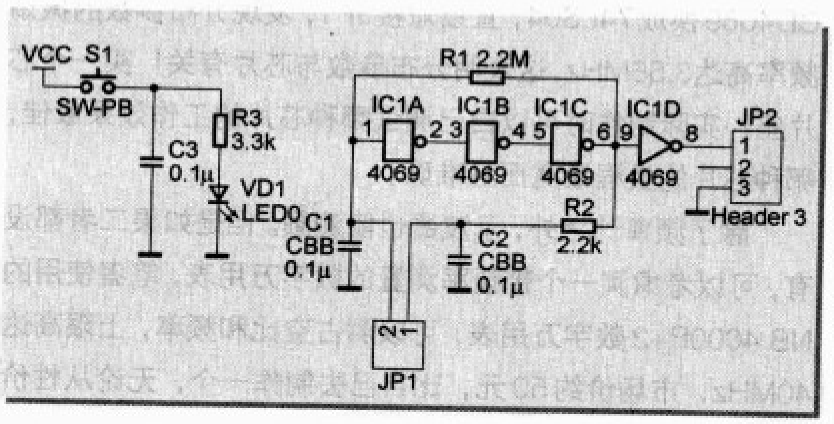


图1

该电路耗电很低，只在测量时供电，可用一个按键SB来控制电源的通断，用3V的电压即可正常工作，并且一般LC谐振频率受电感内阻影响不大，这对提高一些匝数很多、内阻很大的电感测量精度极有意义。

元器件的选择

本电路电阻全部采用0.25W的金属膜电阻，误差要求不大。

电容要注意一下C1和C2，它们参与了LC谐振，因此必须采用低高频损耗的电容，推荐采用CBB电容，绝不能用瓷片电容，否则有可能降低了LC回路的Q值，会影响你的测量量程。

六反相器的选择无太多要求，常用的有CD4069，还有74LS04、74HC04等，差别大同小异。

JP1是电感接口，这要斟酌，此处是分布参数所在。JP2接频率计。

制作

本电路简单，制作也容易，可以用万用板来做，也可以动手腐蚀一张板，建议用覆铜板来做，覆铜有利于降低分布参数和抗干扰。

作为一个测量仪，便携性是很重要的，因此强烈建议用电池供电，3~6V都可以，笔者用的是一个6V的电池座，电路板固定在电池座上面，外接两个带鳄鱼夹的线，使用时接入频率计，十分方便。如图2所示，使用万用表的频率挡，直接测出频率，再根据频率计算出电感。图3、图4是分别

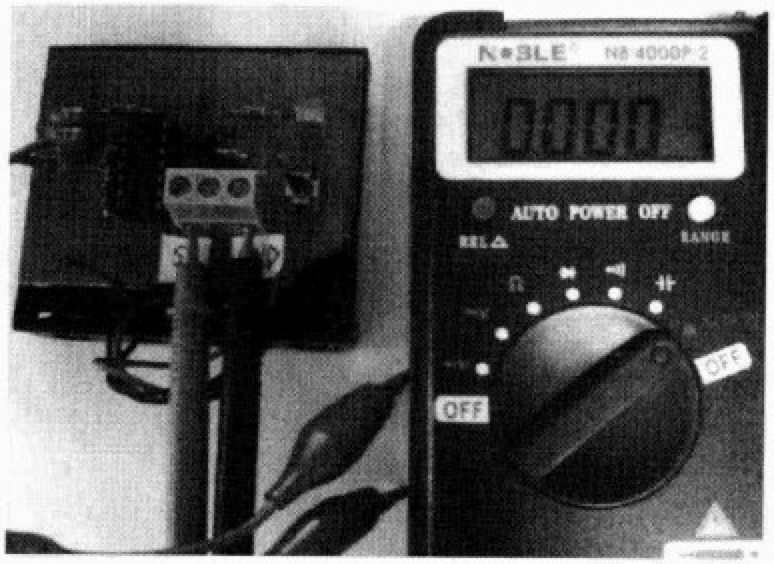


图2 用万用表频率挡测频率

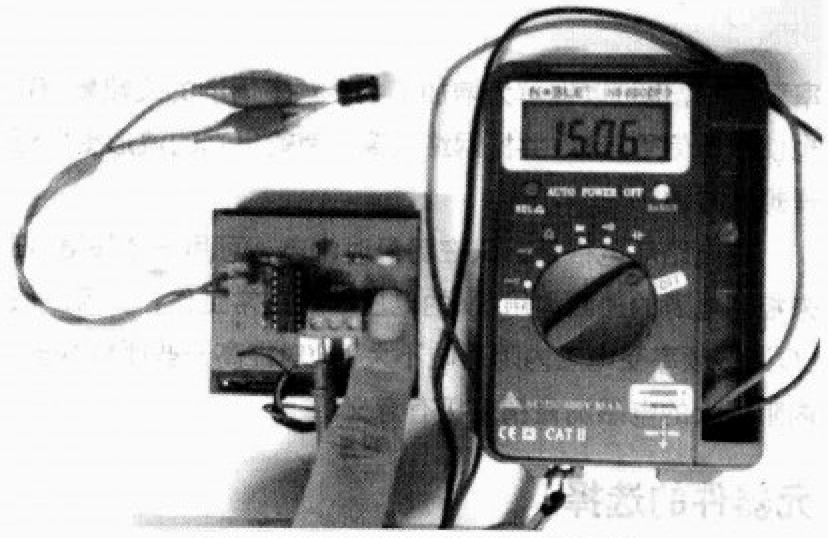


图3 用万用表频率挡测频率 2.2mH

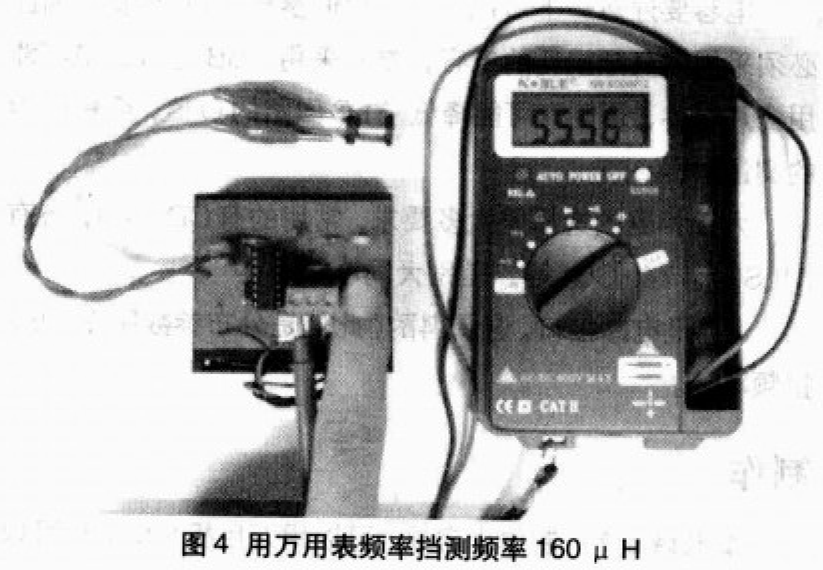


图4 用万用表频率挡测频率 160 μ H

测量2.2mH、160 μ H电感频率的场景。

使用和改进

使用之前，先向有电脑的同好推荐一款计算软件，可以快速计算LC谐振回路的参数，该软件笔者在本刊2008年第5期《谈谈调频无线话筒的制作细节》一文中已有介绍，界面如图5所示。

附表

标称值	2.2 μH	4.7 μH	22 μH	47 μH	160 μH	220 μH	2.2mH
频率	400k	302.1k	152.2k	100k	55.51k	45.6	15.08k
电感	3.2 μH	5.55 μH	21.9 μH	50.6 μH	164 μH	243 μH	2.22mH

没有电脑的同好可能要按一下计算器，有些麻烦。

由于电路的增益很高，非常容易起振，即使在不接入电感的情况下，电路也会由于分布参数而起振。笔者用了2个15cm长的线，接两个鳄鱼夹，直接短路的时候，电路的输出频率稳定在502kHz，折算出分布电感为2 μ H左右。这表明该电感计最低只能勉强测到5 μ H。但是，如果电感值稍大，测量值还是比较准确的，笔者测量了一下手头的色码电感和功率电感，结果见附表(小电感受分布参数影响，供参考)。

小电感误差比较大，但是如果掌握了分布参数的规律，几个微亨的电感还是能够估算出来的，对于大电感，测量结果十分满意。

如何提高分辨率？

这个电路制作出来的电感计，能准确测出10 μ H以上的电感，能够满足常规开关电源的电感测量，但对于2 μ H以下的电感，可以说几乎无能为力了。要提高分辨率，可以考虑以下几个措施：

首要解决的是分布参数。笔者采用的是外接线＋鳄鱼夹，目的就是方便，但是这样做有较大的分布参数。更好的办法是做一个小插座，如果测量小电感，就在插座上面测量，如果测量大电感，就外接鳄鱼夹。如果条件允许，可以考虑用贴片元件，进一步降低分布参数的影响。

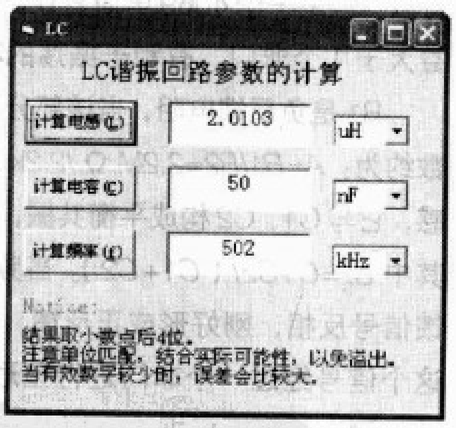


图5

接着可以改良芯片。CD4069的增益虽然高，但是速度慢，笔者将CD4069换成74LS04，直接短接JP1，发现分布参数的振荡频率高达3.56MHz，这表明分布参数与芯片有关！买一个芯片座，实际制作时可以自己测试哪种芯片的工作效果最佳，哪种芯片的量程最宽而且准确。

除了频率计之外，示波器也能测频。但是如果二者都没有，可以考虑买一个带频率测量的数字万用表，笔者使用的NB 4000P-2数字万用表，可以测占空比和频率，上限高达40MHz，市场价约50元，比自己去制作一个，无论从性价比还是性能上看都是很划算的。

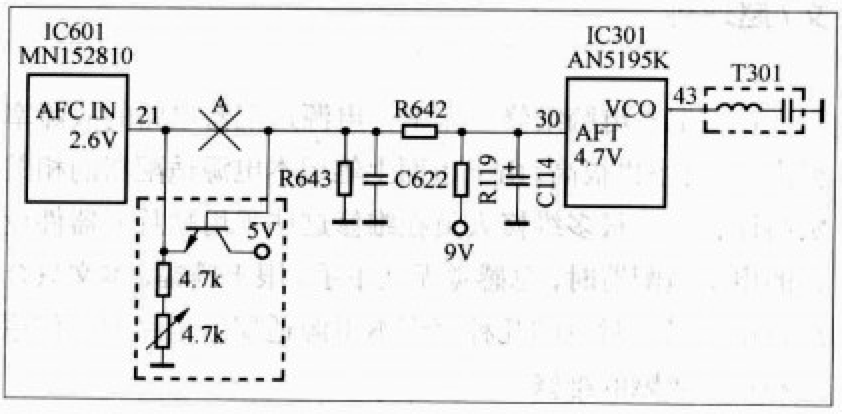
【维修技巧一点通】

巧修彩电中的CPU

文/张兰家 贾凡

维修中人们常常会受到手头没有配件的困扰，碰到这种情况，如果开动脑筋，对电路稍作改动，也许就会柳暗花明，解决你的燃眉之急。曾修过一个故障，用一个三极管，救活了一个微处理器，至今记忆犹新。

临近春节，接修一台嘉华牌的21W3彩电，故障现象是不能索台，图像差，向用户了解情况，得知该机在一维修部没修好，越修越差，图像也没了，说是没有配件，慕名转送到本特约维修部 。众所周知，这一般是图像中频变压器的内附电容变质的原因。参考附图，本机的主芯片型号为AN5195K，中频变压器T301是个串联型的，相对特殊。开盖检查，发现中频变压器的磁芯已被调碎，中频变压器焊点也被焊的面目全非，看来没少下了功夫，估计是没有备件，换别的中频变压器试验，结果事倍功半。拆下中频变压器一看，里面的管状的小电容确实变黑。快刀斩乱麻，清理修复好中频变压器附近的电路板铜箔，换上一个厂家提供的免调试的原装件试机，情况大有好转，能有图像，但不能索台，又经过仔细调试，还是不能索台，确定故障另有原因。分析电路图，检查索台AFC信号，测量发现IC301(AN5195K)的30脚（AFT）电压为1.2V，明显低。通过开路法检查，发现故障为CPU IC601（MN152810）（AFCIN）的21脚漏电，其对地正反相电阻皆不足1k Ω。断开微处理器IC601的21脚后，IC301(AN5195K)30脚的电位就会上升，确定故障原因为微处理器IC601损坏，其21脚漏电后，拉低了IC301



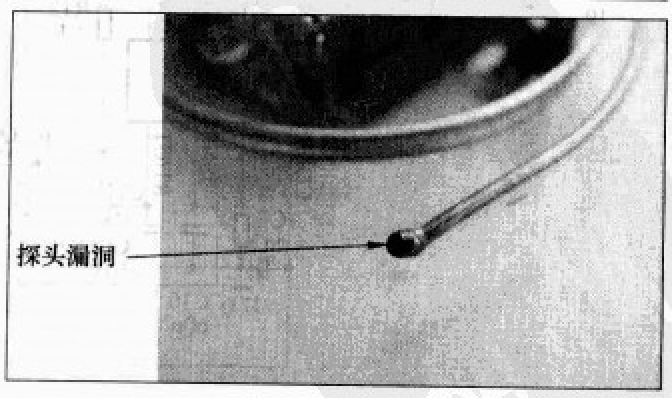
的30脚的电位，无法形成正常的索台检测信号，彩电就失去了自动索台功能。该电路所用CPU(MN152810)市面上不易购到，本维修部也恰好缺货，联系厂家的办事处，答复要等一个月才能有货，当时还有几天就到春节，用户也很失望。经过思考，试着采用变通的方法，用一只三极管C1815接成射随器的形式，增大从IC301(AN5195K)30脚向CPU的21脚看过去的输入电阻，因为射随器可以提高电路的输入电阻，改动的方法如图所示：从A处断开来，串联接入虚线框内的电路，经过上述改动，试机一切正常，索台的功能完全恢复，调整电位器可以改变IC301的30脚电位，使效果最佳，这样一只小小的三极管就使一块不易购到的CPU起死回生。

实践证明：微电脑的AFC脚漏电损坏的情况比较常见，因此这种方法具有一定的实际意义，值得借鉴。对其他型号的彩电CPU，如遇类似的情况，应急的时候也可如法炮制。

如何延长电冰箱温控器的使用寿命

文/陈文启

冰箱、冰柜中使用的温控器有两种：一种是机械式；另一种是电子式（近几年出厂的冰箱均采用电子式的）。温控器属于易损件，机械式温控器最容易损坏的部位是温度探头和触点，触点损坏可以打开温控器修理，但温度探头这个“小疙瘩”，皮薄，又长期暴露在空气中，一旦氧化很容易破裂（附图），而且还不能修复。我在实践发现一个延长温度探头使用寿命的好方法：用导热硅脂在探头上包抹厚厚的一层，再固定于冰箱内，就可使温度探头使用多年不损坏。我家的冰箱刚买回来就用了此法，至今已使用13年了，经查看温控器完好。凡是我更换过的温控器都做了这样的处理，效果都很好。



硅脂——导热，容易传导热量，利于温控，又无腐蚀性且不易蒸发，能长时间隔绝空气而保护探头。硅脂成本不高，本人认为这是个好办法，特推荐给同行。

>>>笔记本电脑电源适配器的原理与维修<<<

文/赵理科

在笔记本电脑维修工作中，电源适配器电路的故障率很高，修复率也很高。由于市面上笔记本电源适配器的相关资料比较少，很多维修人员在维修这些采用贴片元器件设计的电源适配器时，总感觉无从下手。限于篇幅，本文只介绍目前市场上常见的几种笔记本电源适配器电路的工作原理和常见故障的维修。

笔记本电脑常用的电源适配器输出电压有15V（通常应用在TOSHIBA品牌中）、16V（通常应用在IBM、FUJITU等品牌中）、18.5V（通常应用在COMPAQ、HP等品牌中）、19V（通常应用在ACER、LITEON、NEC、LENOVO等品牌中）、20V（通常应用在DELL品牌中）等。

虽然笔记本电脑电源适配器的输出电压多种多样，不过其内部电路基本可以分为3大类 采用UC3843A+LM358组成、采用NCP1651组成、采用TOPSwitch-GX系列集成电路组成，下面分别对这三种电路进行介绍。

一、采用UC3843A+LM358组成的适配器

采用UC3843A+LM358组成的适配器输出电压通常为19V，其典型电路图如图1所示。在图1电路中，扼流圈L1和L2、电容CX1组成滤波电路。其中，L1和L2用于滤除低频噪声，CX1用于滤除高频噪声。R1A、R1B用于在拔掉电源时对电容CX1进行放电。 经过滤波后的220V交流电压输入到由整流桥BD1组成的整流电路中进行整流，整流输出后的直流电压经滤波电容C1滤波后生成约300V的直流电压。

启动电路采用整流前的电压，这种电路称为半波整流电路，可以以较低的电压和较低的电阻功率启动电路工作，由R2C、R2D、C8组成启动电路。刚插上电源插头时，交流电压经过R2C、R2D降压后加至UC3843A的7脚供电

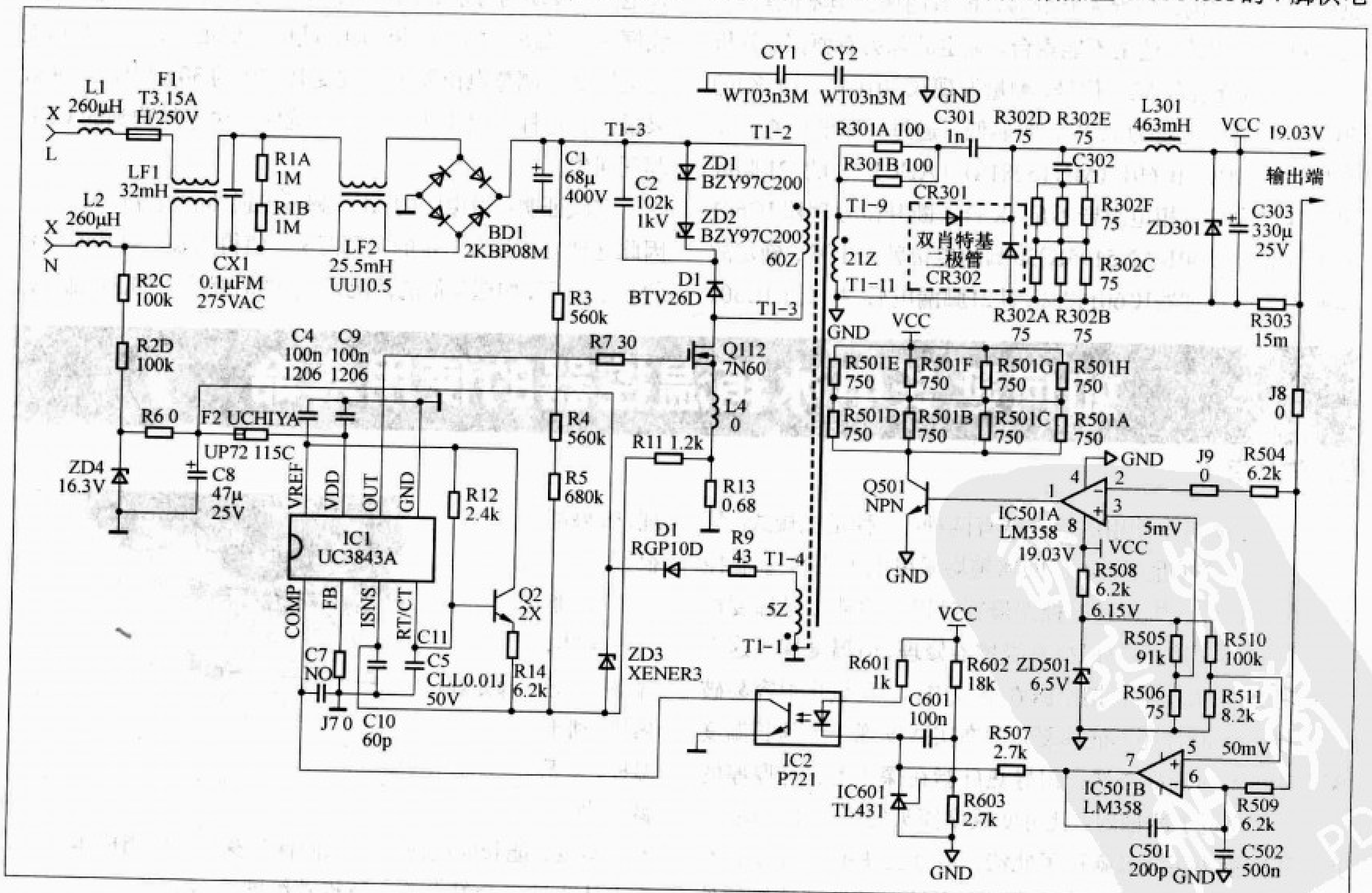


图1

端，利用C8的充电过程使7脚电压逐渐升至9V以上，实现了软启动。由于电阻R2C、R2D的阻值很大，所以流过的电流很小，不用担心会损坏集成电路UC3843A。

当UC3843A的7脚供电端电压高于9V时，UC3843A开始工作，UC3843A的8脚输出+5V基准电压源。+5V基准电压经过定时电阻R12给定时电容C5充电，然后C5再经过芯片内部电路进行放电，从第4脚就得到锯齿波电压。随后UC3843A的6脚输出一个脉冲波，该脉冲控制功率管Q112按其工作频率进行开关动作。这样变压器T1就开始工作，电流从Q112的漏极流向源极，在R13上产生电压。R13为电流检测电阻，由它产生的电压直接加到UC3843A的过流检测比较器的同相输入端3脚，只要该电压超过1V，UC3843A内部的电流保护电路就开始启动，使6脚输出脉冲关闭，实现过流保护，功率管Q112停止工作。

启动工作完成后，由于R2C、R2D提供的电流很小不能为芯片提供工作电压。所以当功率管Q112转入正常的工作状态时，开关变压器T1的4-1绕组所产生的高频电压经D1、C8整流滤波作为UC3843A的工作电压。至此启动过程结束。

电网电压过压保护电路由R3、R4、R5组成。当电网电压过高时，300V直流电压经过R3、R4、R5降压后使得UC3843A的3脚电压超过1V，此时内部的电流保护电路就开始启动，使6脚输出脉冲关闭，实现过压保护。

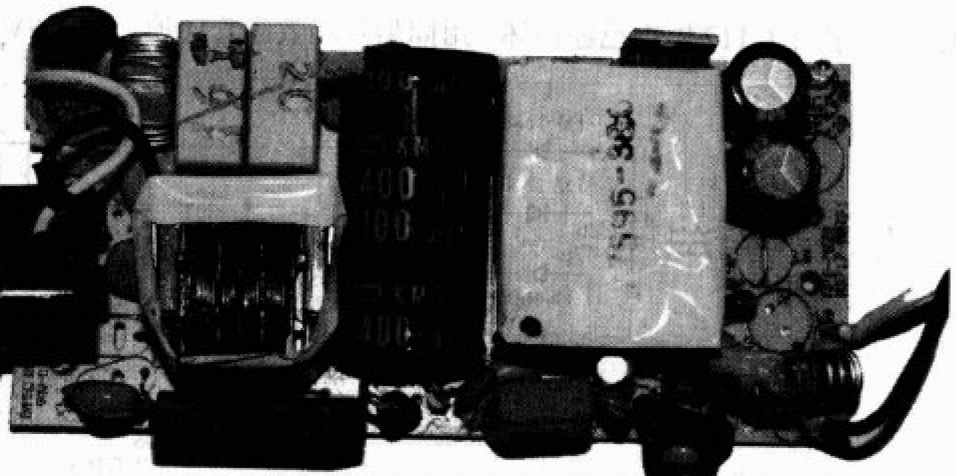
ZD1、ZD2、C2组成浪涌电压保护电路。当开关管Q112工作时，在其DS极上就会产生一个浪涌电压，该浪涌电压的峰－峰值超过70V，这是由MOS管自身关断时和内部二极管的反向恢复特性产生的浪涌电压，容易使其损坏。当关机时，T1的初级线圈还有电流，此时Q112已截止，ZD1、ZD2、C2即形成放电回路，C2同时还有起滤除高频谐波的作用。

开关管Q112导通时，T1的初级线圈有电流流过，产生上正下负的电压，则次级产生下正上负的感应电动势，这时次级上的双肖特基二极管CR301、CR302截止，此阶段为储能阶段；开关管Q112截止时，T1初级线圈上的电流在瞬间变为零，初级的电动势为下正上负，在次级上感应出上正下负的电动势，此时CR301导通，有电压输出，该电压再经过整流滤波后即可输出19V电压到笔记本电脑中。

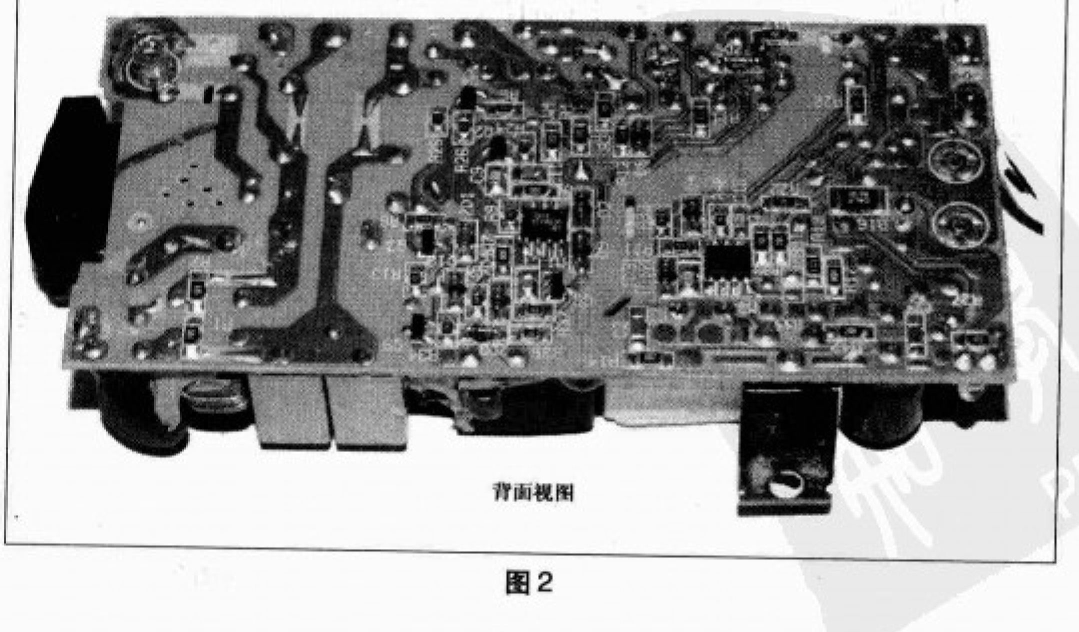
19V的直流输出电压经过R602、R603分压，在R603上产生电压，该电压直接加到IC601的R端，此时K极输出一个基准电压为光电耦合器IC2内部的发光二极管提供一个工作电压，光电耦合器IC2开始工作，至此完成电压的取样。如果电网电压升高导致输出电压随之升高，于是流过IC2光电耦合器的电流也就随之增大，光电耦合器内部发光管的亮度越大，内部光敏三极管的内阻就越小，UC3843A的1脚电位越低，经过内部电路降低UC3843A输出脉冲的占空比，降低输出电压，这样就构成了过压输出反馈回路，达到稳定输出电压的作用，使输出电压稳定在19V左右。

IC501A为空载检测控制比较器，用采样电阻R303对输出负载进行判断，如果空载或轻载，则IC501A的输出端输出高电平，Q501导通，将R501A～R501H构成的假负载电路加上，增加电路轻载时的电压稳定性；若负载超过100mA，则自动将R501A～R501H构成的假负载电路断开，减少电路损耗。

IC501B为过载检测控制比较器，当负载过大或短路时，IC501B输出端输出低电平，光电耦合器内部发光管的亮度增大，将UC3843A的1脚电位拉低，从而将输出电压降低



正面视图



背面视图

图2

附表

引脚	功能	对地电阻（kΩ）		工作电压（V）
		红笔测量	黑笔测量	
1	自动补偿	29.22	29.31	1.086
2	电压反馈输入端	6.44	6.45	2.478
3	过流检测端	0.821	0.82	242.7mV
4	振荡输入端	102.8	102.8	2.069
5	接地端	0	0	0
6	脉冲输出端	10.02	10.01	38.2mV
7	直流供电电压输入端	无穷大	156.9	12.96
8	基准电压输出端	32.8	21.42	4.94

注：附表中数据采用UT60—E型数字万用表测量（电阻、电压均置于'AUTO'自动挡），其中UC3843A的6脚输出电压为交流信号，若用指针式万用表可以看到该脚电压为2V左右。

甚至关闭输出电压，保护适配器不致于因过载而损坏。采用UC3843A+LM358组成的适配器电路实物如图2所示，这种电路在维修时最常遇到的故障如下：

1.适配器误接入380V电压导致烧毁

拆开外壳发现保险管已经发黑，拆下检测Q112正常，由于Q112正常，故基本可以判断烧毁保险丝是由于整流电路损坏所致，拆下整流桥检查后发现其中一个交流输入端与“–”端短路，用同型号整流桥代换，再安装一个2.5A/250V的保险丝管后通电试机，指示灯已经点亮，测量输出端电压为19.1V，接入一个34V/36W的灯泡后该电压一直很稳定，完成修复工作。

2.适配器无电压输出

拆机后检查内部元器件外观基本正常，300V直流电压也正常，拆下Q112检查已经损坏，用同型号场效应管代换后，输出电压恢复正常，但是刚开机一会又无电压输出，断电后用手摸散热片很热，说明Q112为过热损坏，造成Q112过热损坏的原因有很多，其中最常见的就是驱动信号过小（欠激励）和负载过重。由于在试机时还没有接负载（液晶显示器），因此判断烧毁Q112的最大可能就是驱动信号过小。检查从UC3843A的6脚到Q112的栅极之间的元器件，发现有一个跳线一端虚焊，补焊后，再换一个新场效应管，通电2个小时输出电压均很稳定。为便于读者维修，附表给出笔者实测的该电源正常工作时UC3843A的各引脚电压和阻值。

二、采用NCP1651组成的适配器

NCP1651是新型的单段PFC控制器，采用该芯片的笔记本电源适配器通常应用在HP、COMPAQ等品牌的笔记本电脑中，典型应用电路如图3所示。

NCP1651具有一个高电压启动电路，直接将NCP1651的16脚连接到高压电源上，为芯片提供一个启动高压，随后芯片就会开始工作，从1脚输出PWM脉冲控制两个并联的开关管Q1、Q2导通，电路开始工作。电路工作后，开关变压器T3的7–5绕组输出的电压经过D8整流、C21滤波，D13（型号为AZ23CK18，是0.3 W/18V稳压管）稳压后为NCP1651的13脚提供18V的工作电压（13脚电压高于10.8V即可开始工作），此时，NCP1651内部的高压启动电

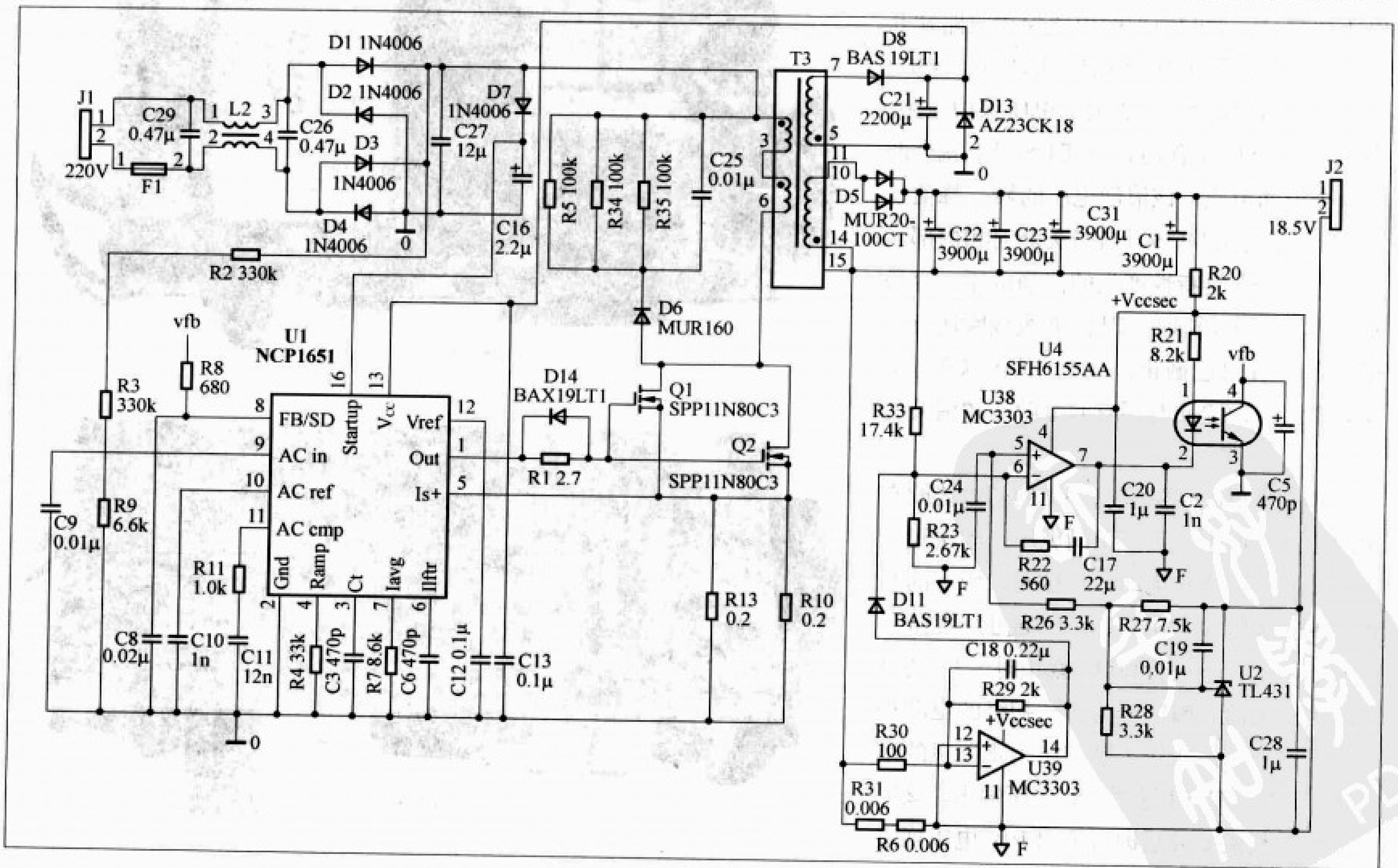


图3

路停止工作，电路开始稳定工作。

U38为输出电压检测比较器，输出电压高时，U38的反相输入端6脚电压升高，输出端7脚的输出电压下降，光电耦合器U4内部发光管的亮度越大，内部光敏三极管的内阻就越小，NCP1651的8脚电位越低，经过内部电路降低NCP1651输出脉冲的占空比，降低输出电压。这样就构成了过压输出反馈回路，达到稳定输出电压的作用，使输出电压稳定在18.5V左右。

U39为输出端过载检测比较器，当输出端短路或者过载时，U39输出端输出高电平，光电耦合器内部发光管的亮度增大，将NCP1651的8脚电位拉低，从而将输出电压降低甚至关闭输出电压，保护适配器不致于因过载而损坏。

采用NCP1651组成的适配器实物如图4所示，该电路最容易出现的故障点就是二极管D7虚焊导致芯片无启动高压，出现无电压输出的故障。在实际维修工作中，也遇到过R31开路导致“指示灯亮，无电压输出”的故障。

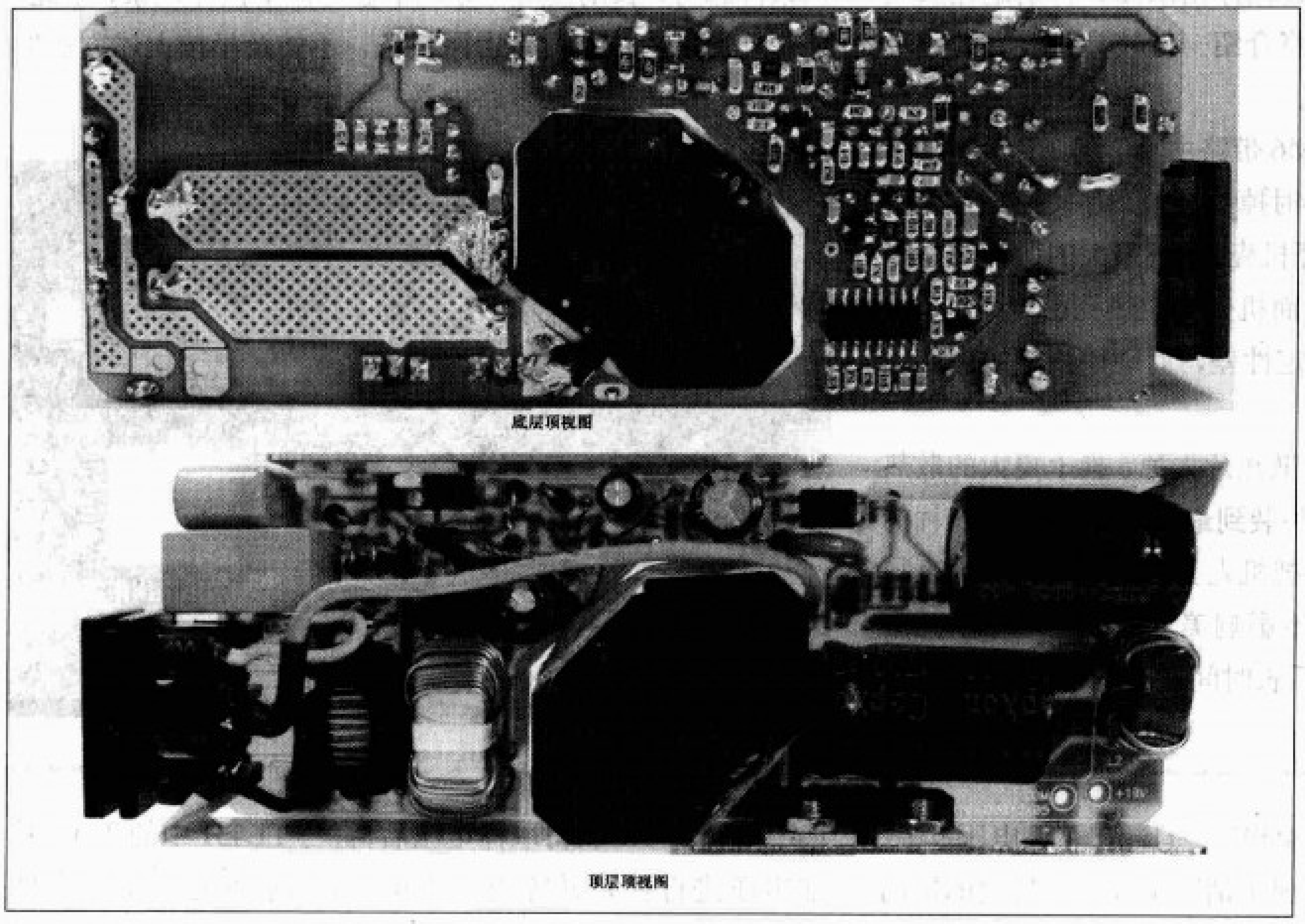


图4

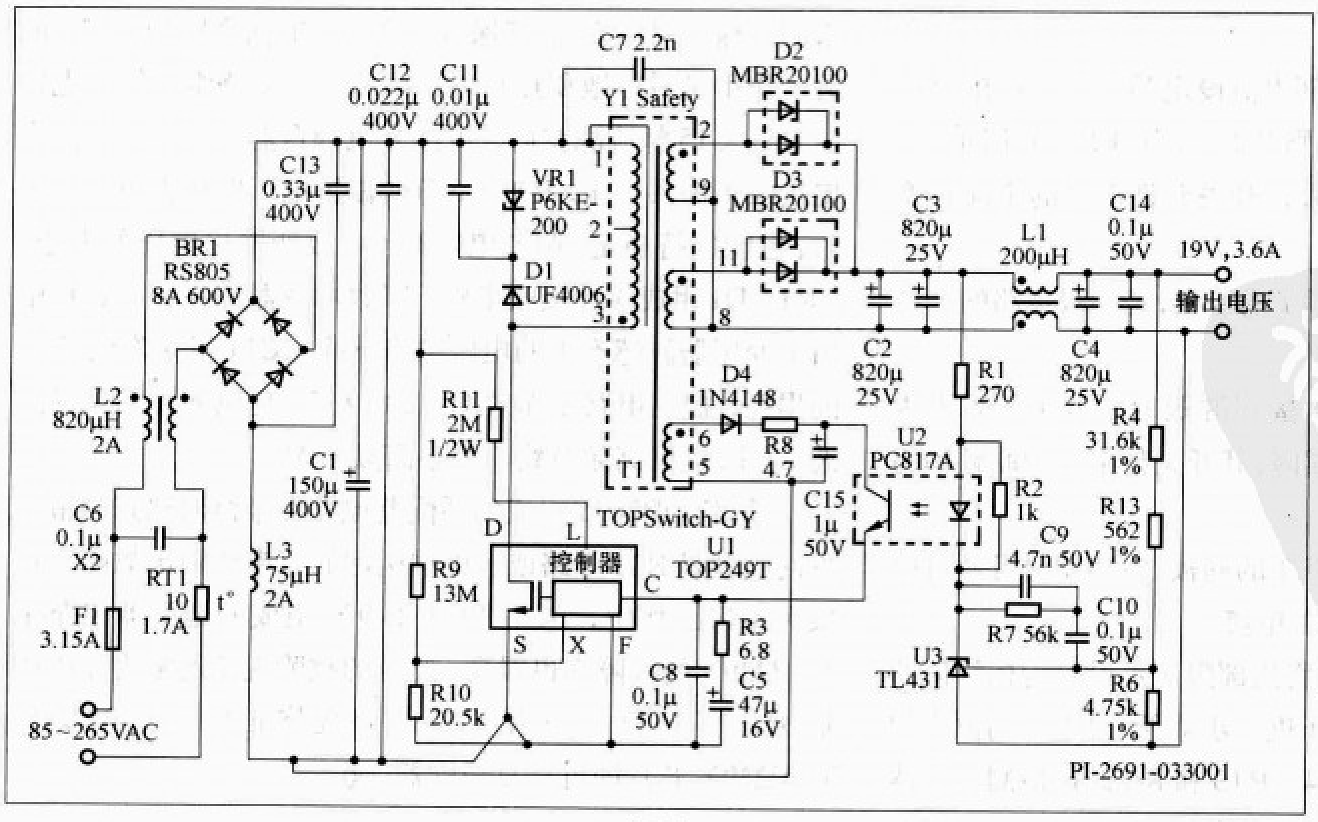


图5

三、采用TOPSwitch-GX系列集成电路组成的适配器

采用TOPSwitch-GX系列集成电路组成的适配器电路如图5所示。笔记本电脑适配器一般采用TOPSwitch-GX系列集成电路中的TOP249Y。TOP249Y有6个引脚，依次为控制端C、线路检测端L、极限电流设定端X、源极S、开关频率选择端F和漏极D。各引脚的具体功能如下：

控制端C：误差放大电路和反馈电流的输入端。在正常工作时，利用控制IC电流的大小可调节占空比，并可由内部并联调整器提供内部偏流。系统关闭时，利用该端可激发输入电流，同时该端也是旁路、自动重启和补偿电容的连接点。

线路检测端L：输入电压的欠压与过压检测端，同时具有远程遥控功能。若L端与输入端接入的电阻R11为1MΩ，则欠压保护值为50V，过压保护值为225V。若在线路检测端L与直流输入U_i端连接一2MΩ的电阻，则其欠压保护工作电压为100V，过压保护工作电压为450V，即TOP249Y在电

如何解决天热宽带路由器的“罢工”

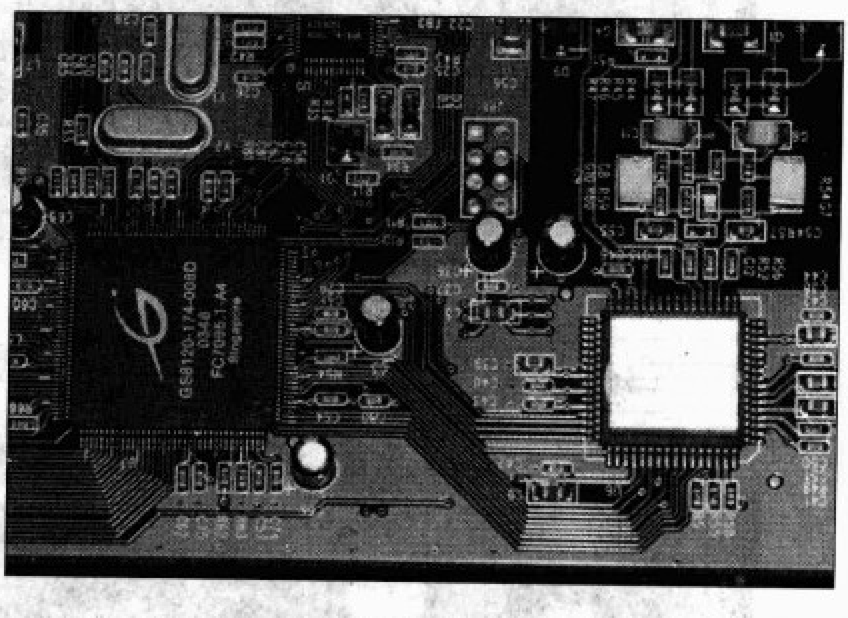
文/潘邦文

为了降低宽带使用成本，不少用户都选择多户共享宽带的方式上网，随之而来的是宽带共享设备的加速普及，由这些设备带来的维修问题也逐渐浮出水面，特别是在热天出现的问题更为严重。下面将介绍一例较具代表性的宽带路由器的维修，供大家参考。

一台Alpha（阿尔法）M6带路由功能的ADSL MODEM使用时不稳定，天气热时掉线频繁，手摸机壳较为烫手。在保持通电的情况下打开机壳，发现最大的两只集成电路块均发热严重（见附图），而机壳的散热孔也较细小，由此判断是散热不畅而导致稳定性差，而硬件损坏的可能性不大。

维修：把右侧IC上的小散热片去掉，换上更大的散热片；把前面换下来的小散热片装到最大的IC上。散热片的安装可用3M导热贴。用电钻把机壳上盖的小孔扩大为直径3mm左右。由于机壳底部不影响美观，故也加钻了几个5mm左右的散热孔。经改装后长时间通电机壳也只是微温，再没有发生不稳定现象了。

小结：由于宽带上网设备体积小巧、结构紧凑，且机壳散热孔隙少而细小，加上这些设备通常是不间歇工作的，散热条件恶劣，长期使用可导致不稳定甚至损坏现象。因此，如果您已用上这些宽带上网设备，不妨及早按上述方法加强散热，以免天热宽带路由器“罢工”。



路中的直流电压范围为100～450V，一旦超出了该电压范围，TOP249Y将自动关闭、欠压保护消除了开／关机时的输出抖动，过压保护则在输入电压瞬态和长时间浪涌时提供保护。

极限电流设定端X：外部电流设定调整端。若在X端与源极之间接入不同的电阻，则开关电流可限定在不同的数值，随着接入电阻阻值的增大，开关允许流过的电流将变小。

源极S：连接内部MOSFET的源极，是初级电路的公共点和电源回流基准点。

频率选择端F：当F端接到源极时，其开关频率为132kHz，而当F端接到控制端时，其开关频率变为原频率的一半，即66kHz。

漏极D：连接内部MOSFET的漏极，在启动时可通过内部高压开关电流提供内部偏置电流。

电阻R10在欠压阈值时将内部限流点设置为标称值的75%。R9使限流点随输入电压进一步降低，提供大约恒定的过载功率。输出电压通过R4、R13和R6进行检测。反馈电压由电压输出端取样。电压反馈信号U_O通过电阻分压器R4、R13和R6获得取样电压后，将与TL431中的2.5V基准电压进行比较并输出误差电压，然后通过光电耦合器PC817A改变TOP249Y的控制端电流I_C，再通过改变占空比来调节输出电压U_0使其保持不变。光电耦合器PC817A的另一作用是对冷地和热地进行隔离。反馈绕组的输出电压经D4、C15整流滤波后，可给光电耦合器PC817A中的光电接收管提供电压。R3、C5可使偏置电压即使在负载较重时，也能保持稳定，调节电阻R6可改变输出电压的大小。VR1、D1组成缓冲吸收电路，吸收功率器件在关断过程中由于变压器漏感产生的电压尖峰脉冲。C11用来降低VR1的损耗，提高电路工作效率。C13和L3提供额外的差模滤波。C12提供高频旁路，减小高频EMI。

采用TOP249Y组成的适配器电路在维修时遇到的最常见问题就是R11开路或者虚焊引起的无电压输出故障。在实际维修工作中，采用TOP249Y组成的适配器电路中TOP249Y的故障率也很高，此时的故障现象通常为无电压输出，但是目测所有元器件外观均正常，此时更换TOP249Y芯片即可修复适配器。

自制带焊脚的保险丝管

文 / 李保平

在检修电子线路时，经常会遇到一些带焊脚的保险丝管，这些保险丝管在线路中的安装并不是通过保险丝管支座等方式来实现的，而是直接将保险丝管焊脚焊入线路中(图1)。常用保险丝管一般不带焊脚（图2）在线路中多采用保险丝管焊接支架、保险丝管座、保险丝管套来安装(图3)。这种带焊脚保险丝管一旦损坏，很难买到。因此我们可以通过给不带焊脚的保险丝管自制焊脚来解决问题，下面介绍其自制方法。

图 1

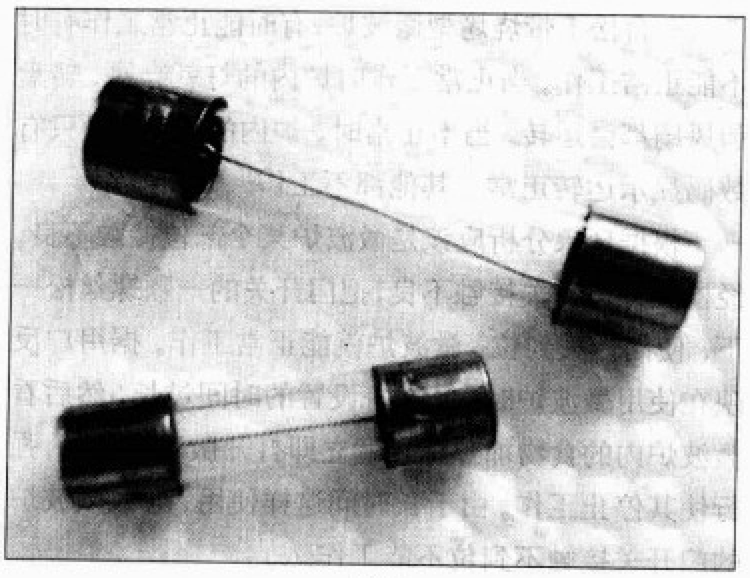


图 2

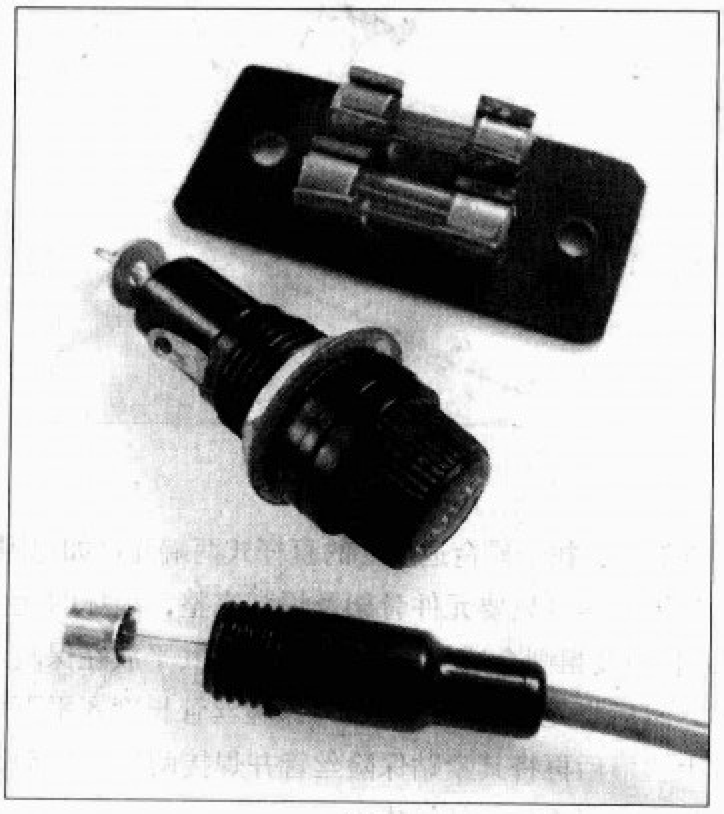


图 3

一、制作方法

首先找到合适规格及尺寸的保险丝管，根据情况可采取如下方法制作。

方法一：截取两段长短及粗细合适的元件焊脚（维修中剪下的废旧元件焊脚即可）或单股铜线，将其分别焊在保险丝管的两端（图4），这样带焊脚的保险丝管就做成了。

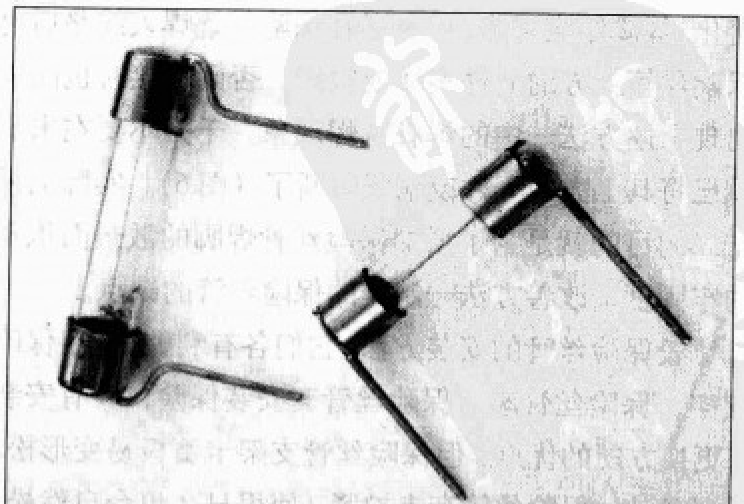


图 4

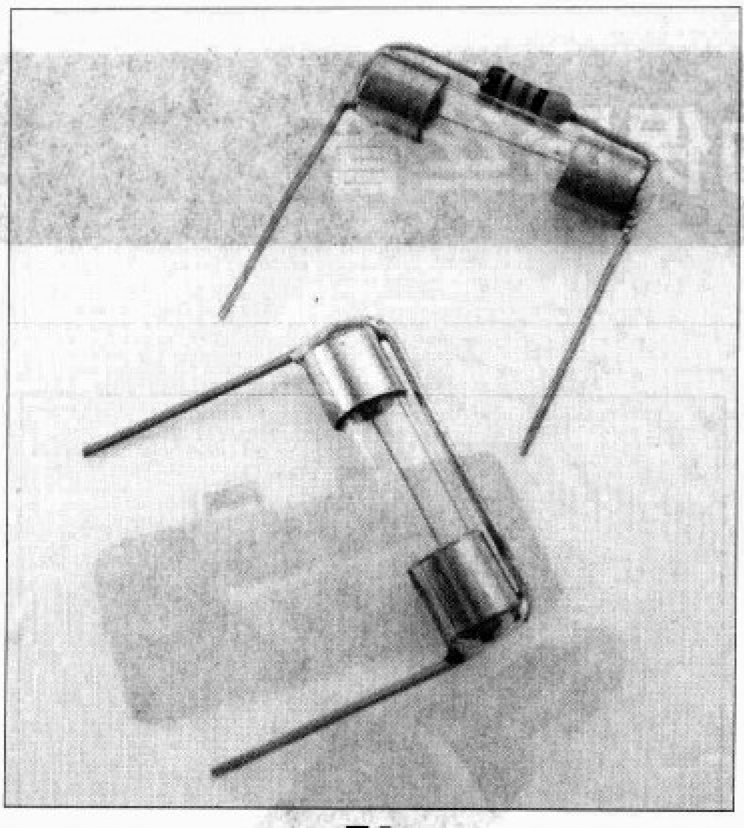


图5

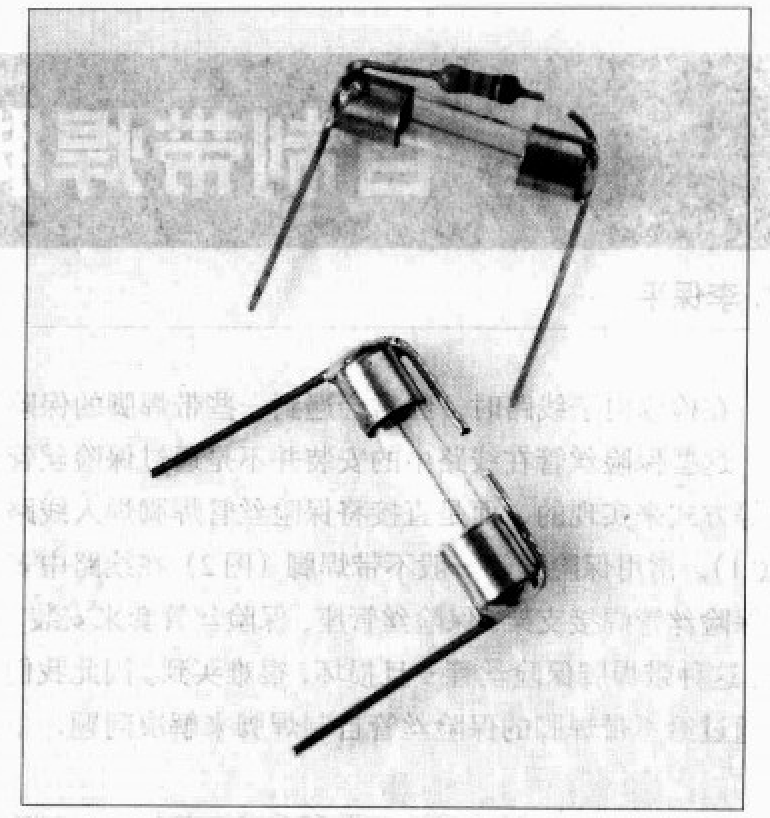


图6

方法二：找一只合适尺寸的直杆式两端元件如电阻、电感、二极管等（只要元件骨架及焊脚完整，损坏的元件亦可）或长短及粗细合适的单股铜线，先将其平放在保险丝管上方，然后将元件或铜线两端与保险丝管长度齐平下弯横跨其上，最后再将其紧贴保险丝管并焊接两端（图5），这样带焊脚的保险丝管就做成了。

二、使用方法

利用方法一制作的保险丝管可直接焊入线路，但焊接时要掌握好焊接时间和温度，否则保险丝管两端的焊锡极易熔化使焊脚脱焊甚至脱落，造成虚假焊或接触不良。

利用方法二制作的保险丝管时，应先将保险丝管焊入线路，然后再将跨接在保险丝管上方的元件或铜线剪断，即让元件或铜线呈开路状态，电流只流经保险丝管（这一点非常重要，否则可能会酿成大祸）。这里要重点介绍一下，使用这种方法自制的保险丝管，焊接时保险丝管两端焊锡不易熔化，焊脚结实可靠。但务必在保险丝管焊入线路后再剪断保险丝管上方的元件实体或铜线，否则焊接时也同样容易出现上述方法一中的焊脚脱焊现象。千万不要在未安装时就已将其上方的元件或铜线剪断了（图6）。实际上采用方法二的目的就是为了增加保险丝管焊脚的散热面积及焊脚的牢固度，改善方法一制作的保险丝管的缺点。

比较保险丝管的安装方法，它们各有利弊。使用保险丝管支架、保险丝管座、保险丝管套安装保险，具有安装简单、更换方便的优点，但保险丝管支架卡簧极易变形松动，保险丝管座、保险丝管套未拧紧（使用日久也会自然松动）也会造成接触不良使可靠性降低。而使用带焊脚的保险丝管焊入电路，既可排除由于保险丝管支架、保险丝管座、保险丝管套自身所带来的接触不良隐患，又可节约成本，是一件一举多得的事情（这里有一种情况例外，就是除非电路设计一定要使用保险丝管座、保险丝管套）。使用带焊脚的保险丝管的缺点是安装更换麻烦，需要焊接，且不易购买。

顺便提一下，维修中对于接触不良的保险丝管支架可拆除不用，直接焊上自制的带焊脚的保险丝管，可提高线路的可靠性。

使用不当也会造成微波炉不工作

文／万举刚

一台松下带烧烤型微波炉，有时能正常工作有时不能正常工作。当正常工作时炉内的灯就会亮，转盘和风扇都会运转。当不正常时，炉内的灯不亮，只有数码显示运转正常，其他都不工作。

根据现象分析应该是微波炉某个部位接触不良。经检查是门开关接触不良，把门开关的一颗螺丝松一下，使门开关到位，微波炉就能正常工作。据用户反映在使用微波炉时，经常将设置的时间过长，然后看微波炉内的食物加热好了就立即打开微波炉的门，强行使其停止工作。由于长时间这样使用，导致微波炉的门开关接触不到位不能工作。

由UC3842芯片构成的开关电源的检修

文/孙 洋

UC3842芯片是一款经典的高性能单端输出式电流控制型脉宽调制器芯片，具有可微调的振荡器，能进行精确地控制占空比，以及高增益误差放大器，更为可贵的是，其电压调整率可以达到0.01%/V，非常接近线性电源的调整率。由于UC3842芯片的工作频率最高可达500kHz，加之启动电流仅需1mA，所以，采用该芯片的开关电源启动电路较为简洁。

图1所示的是一个典型的开关电源工作原理方框图，大致由输入电路、变换电路、控制电路、输出电路共四大单元电路组成。

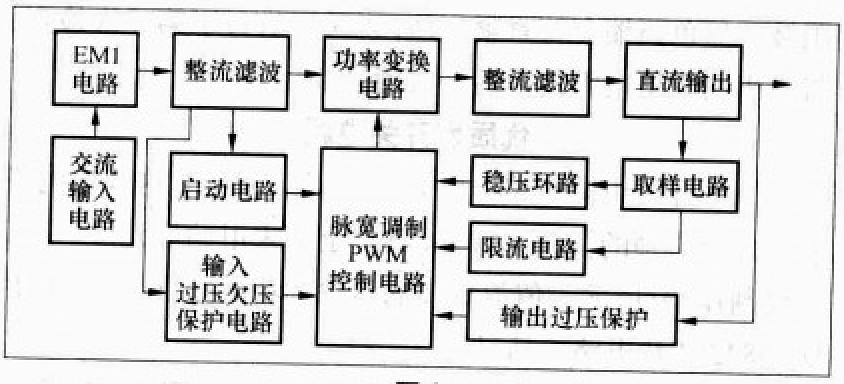


图1

图2所示的是UC3842芯片的内部框图（图中括号内是14管脚封装芯片的引脚编号），第1脚是环路补偿端，外接阻容元件以补偿误差放大器的频率特性；第2脚是反馈端，将取样电压加至误差放大器的反相输入端，再与同相输入端的基准电压进行比较，输出误差控制电压；第3脚是过流检测端，通过外接过流检测电阻，组成过流保护电路；第4脚为锯齿波振荡器R_T/G的公共端；第5脚是公共地端；第6脚为芯片输出端；第7脚是芯片电源端；第8脚为内部基准电压端，提供5V的基准电压。

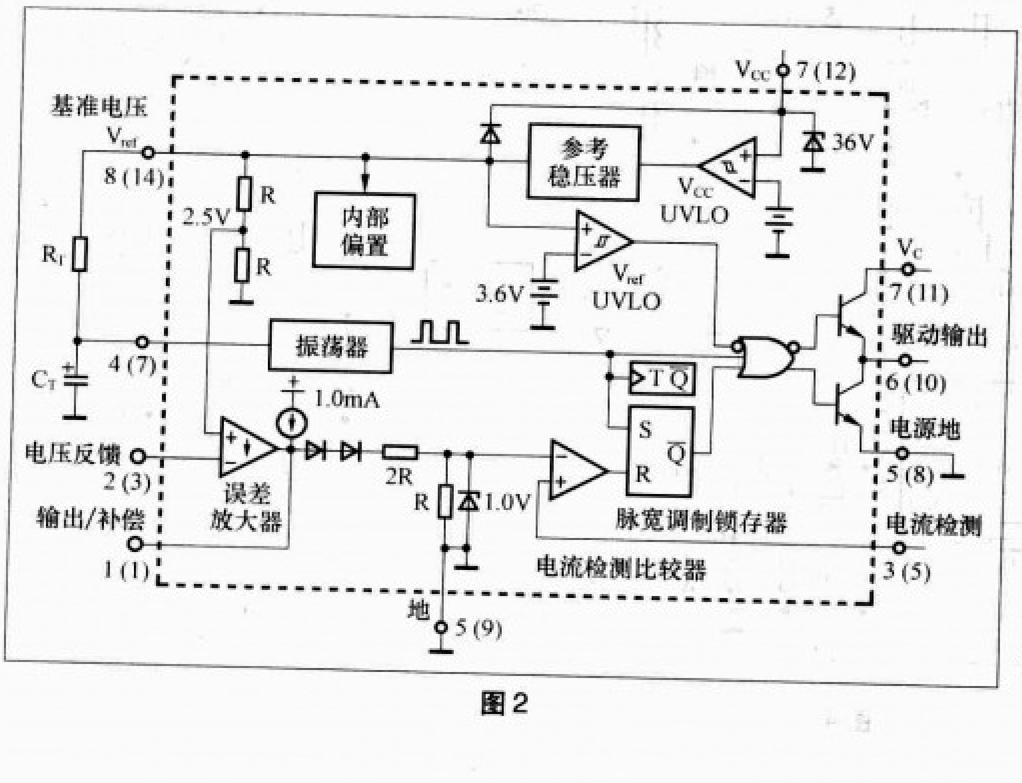


图2

UC3842芯片的启动电压范围为16~34V，在电源启动时，如果输入电压小于16V，芯片内部的施密特比较器输出为0V，此时无基准电压产生，电路不工作。当输入电压大于16V时，芯片内部的施密特比较器输出5V基准电压，并通过8脚向外部提供5V参考电压，同时整个芯片启动工作。芯片工作后，输入电压可以在10~30V范围内变化而不影响其工作状态。但当7脚电压在芯片工作中低于10V时，施密特比较器又翻转为低电平，电路停止工作。

芯片第2脚一般接输出电压取样信号端，也称反馈信号端。当2脚电压上升时，1脚电压则下降，脉宽调制锁存器的R端亦随之下降，输出的脉宽则立即变窄；反之第6脚脉宽变宽。

芯片第3脚为电流检测端，通常在功率管的源极或发射极间串入一小阻值的取样电阻，将流过开关管的电流转换为电压，当负载短路或其他原因引起功率管电流增加，并使取样电阻的电压超过1V时，芯片的第6脚输出被关掉，UC3842处于保护状态而无输出。

在众多各式各样的开关电源电路里，采用UC3842芯片制作的电路，可谓独树一帜，其中不乏精良之作，有些堪称经典。电路具体的工作原理，基本上大同小异，在此不再赘述。这里只介绍在维修中遇到的几个较为典型的故障实例及维修方法，供大家参考。

普通型开关电源

该开关电源的电路如图3所示。这是笔者维修VCD机时根据实物绘制的。该电路虽然简单，但却很有代表性。现在市面上很多VCD机以及DVD机，包括较为流行的电源模块等大多都采用类似电路，只不过局部电路有一些小小改动罢了。

例1：一台组装VCD机，有时能够工作，有时要反复按电源开关才可以工作，后来无论怎样按，VCD机就是没有反应。

维修过程：首先要判断故障是在电源部分，

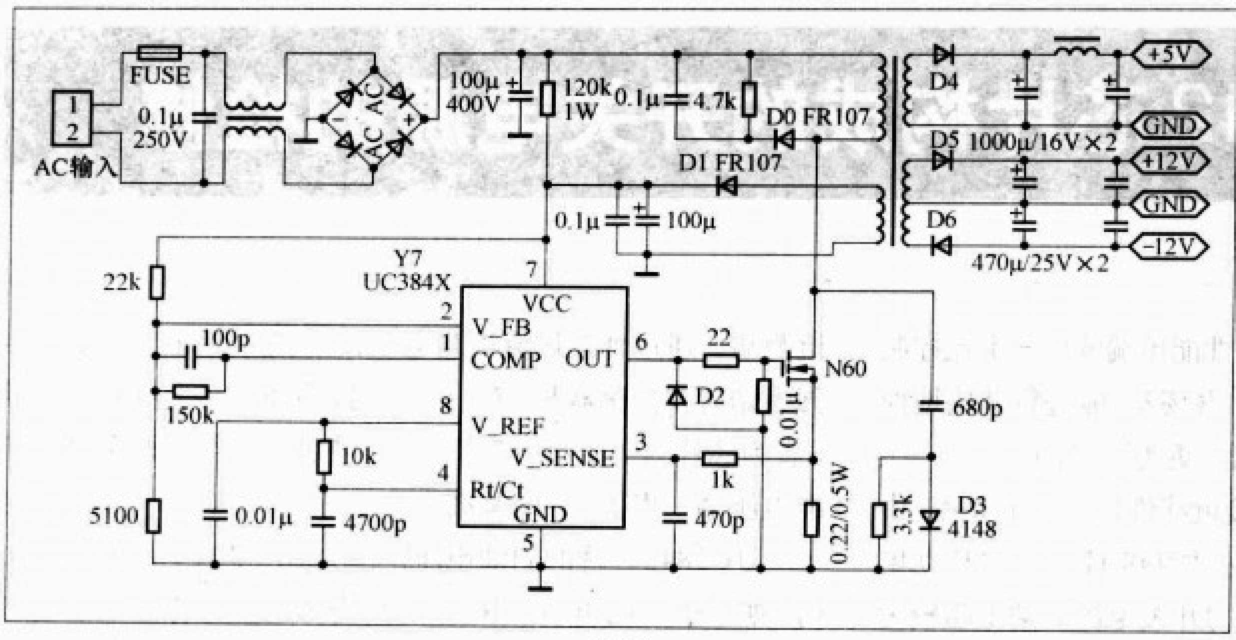


图3

还是在主电路部分。按下电源开关，测电源各输出端，均无电压，据此判断故障是由电源部分引起的。拔掉主电路板和电源板之间的连接线，测电源各输出端，未见有短路现象。通电，测量整流输出端，有300V左右的直流电压，而芯片的第7脚电压却为0V，显然不正常。拔下交流电源插头，用灯泡并在主滤波电容两端，放电后，用万用表测芯片第7脚到地的电阻，未发现有短路现象。再测启动电阻，万用表数字跳动，显示该电阻阻值不稳定。怀疑该电阻性能不良，仔细观察，发现该电阻的功率似乎偏小，用120kΩ/0.5W的电阻代换，测得芯片的第7脚电压为17V左右。再测电源各输出端，均有正常的电压输出。接上主电路板和电源板之间的连接排线，通电试机，VCD工作正常。那么，为什么有时反复按电源开关，整机又可以工作呢？本人分析可能是该启动电阻阻值的不稳定性，才会有这种现象。

例2：通电，整机没反应。

维修过程： 检查保险丝管，发现该管已发黑，说明整机有严重短路故障。用万用表测量主滤波电容两端，阻值为零，证实判断正确。进一步检查，发现场效应管N60漏极和源极击穿，且散热器与N60有松动现象。更换N60，将其与散热器紧固，确认电路中没有明显的短路后，装上同规格保险丝管，通电试机，还是没有反应。用万用表测量芯片第7脚，电压为17V左右，正常。第8脚有5V的基准电压，也正常。再仔细检查，终于发现场效应管N60源极到地的电阻已经开路。因为该电阻被一黑色热缩套管紧紧包住，以致于逃过了第一次检查。将其用同规格电阻代换后，故障排除。

优质型开关电源

该型开关电源电路分别如图4和图5所示。这两款电路除了几个必须的插件元件外，其余全部采用贴片元件，电路不仅制作精良，尤为值得称道的是保护功能完善，实属采用UC3842芯片电路的精品。

例3：一台迷你保温箱，通电后，指示灯不亮，机器不工作。

维修过程： 该迷你保温箱具有制冷制热功能，主要是

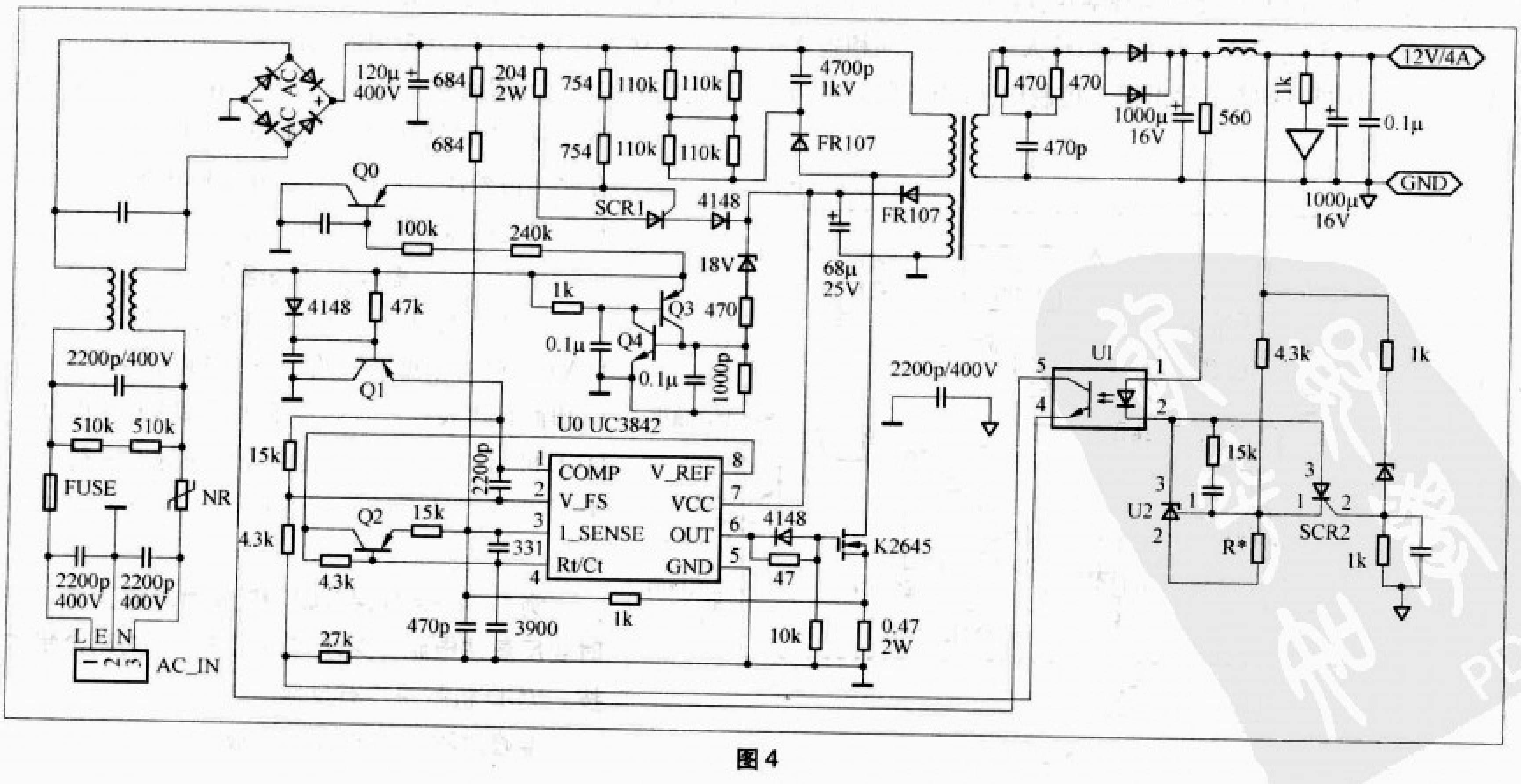


图4

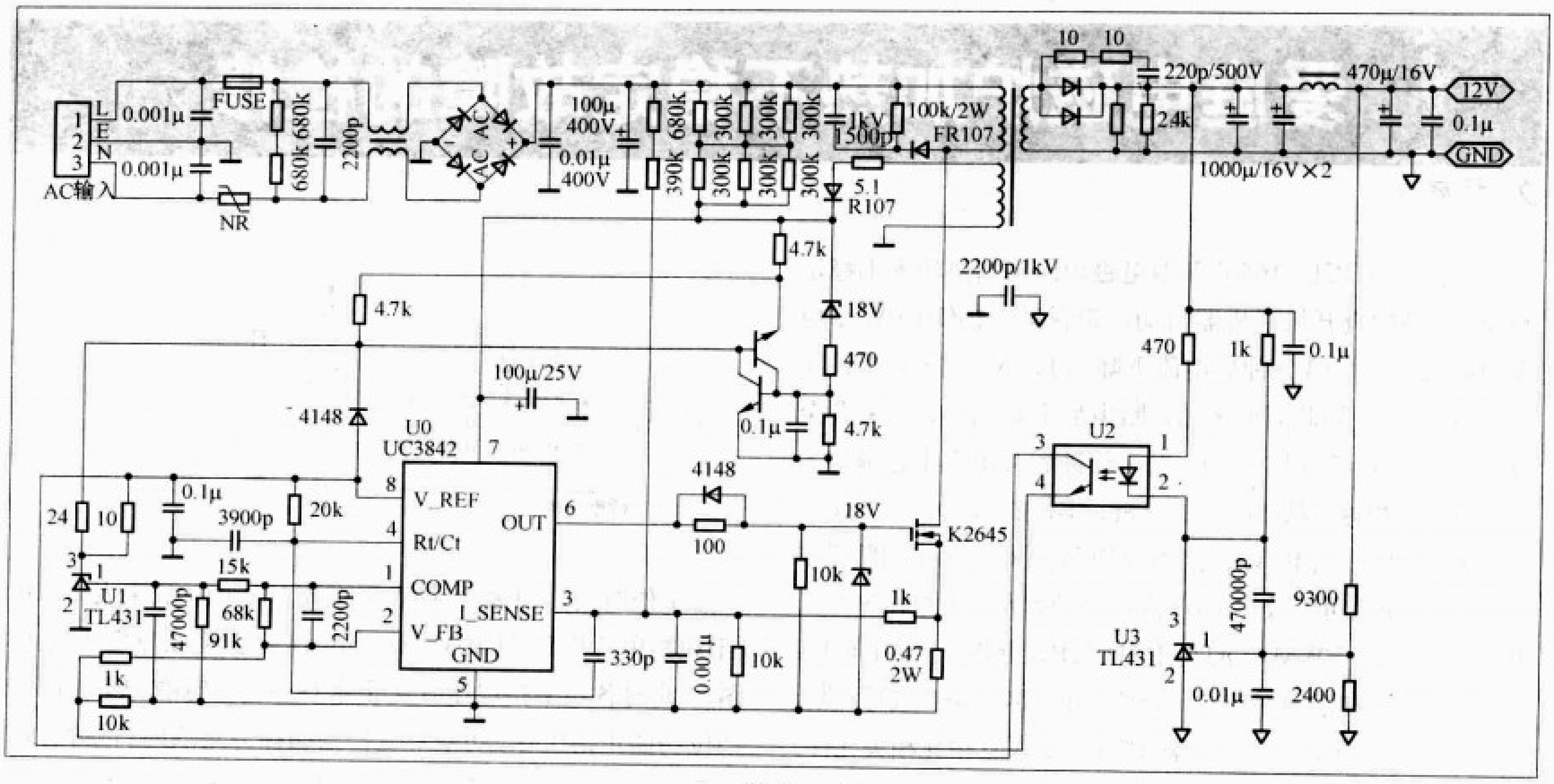


图5

通过给半导体制冷（制热）片供电，将电能转换达到制冷（或制热）的目的。虽然效率不高，但在一般应用场合还是可以满足使用要求的。通电后发现，无论制冷还是制热均不工作，初步判断为电源部分有问题。打开电源适配器，根据实物，绘制出电路原理图，见图4。用万用表测主滤波电容两端，有近300V的电压，芯片第7脚有16V左右的电压，第8脚电压为0V。由此证明，芯片没有进入工作状态。仔细检查芯片外围，并未发现明显的故障元件。于是，换上一枚确认正常的芯片，通电，电路仍然不工作。此时，不免有些困惑。芯片第7脚有正常的电压，第8脚电压为0V，外围元件没有问题并且芯片已经代换，那么，问题究竟出在哪里呢？静心细想，测量芯片第7脚的电压，为16V左右；电压虽然符合要求，但供电电流呢？想到此，立即采用外部供电的方式，利用一台稳压电源，将电压调在16V，并将其接入芯片的第7脚，通电，指示灯一下子就点亮了！显然，供电电路的滤波电容已经失效。关机，拆下68μF/25V滤波电容，测量其容量，只有2μF多一点。用100μF/25V优质电容代换后，测量输出电压，空载电压约为12.5V。将适配器插头插入迷你保温箱，保温箱的风扇转了几下，便停止不动了。再测输出电压，只有5V。为什么带载能力这么差呢？仔细观察电路输出部分，发现2只输出滤波电容紧靠肖特基整流二极管。该器件工作时，发热量较大，难道又是电容失效？拆下一量，与标称值相差太远，遂将其一并更换。该元件原采用耐压16V，虽然相对12V的输出，并无不妥，但考虑到安全因素，将其换为耐压1000μF/25V的电容。试之，故障排除。将原芯片换回，电路亦工作正常。

例4：一台15英寸液晶显示器，亮度偏暗。

维修过程：一般来讲，液晶显示器的亮度暗故障牵涉很多电路，比如：电源电路、升压电路、亮度控制电路、灯管老化等。考虑到该液晶显示器使用年限较短，灯管老化的可能性不大。于是，首先对电源电路进行测量，发现原本12V的电源电压，竟然只有8.5V。关机，拔掉电源板到主电路板的插头，再测，也只有9V，分析极有可能是电源电路引起的问题。为慎重起见，决定先采用代换法一试。恰好，手头的稳压电源有5A的裕量，立即连接好显示器和电源，开机，画面鲜艳靓丽，亮度正常。由此证实确是电源电路有问题引起的显示器亮度降低。进一步检查电源电路，首先检查π型滤波电路，发现两个电容的容量均不到标称值的十分之一，相对于原来的1000μF的容量，几近失容，而且其耐压值均为16V。为稳妥起见，用两只1000μF/25V的优质电容，将其全部代换后，测量输出电压，接近10.5V。接着将U3精密基准IC的R_{ef}端参考电压调整点的电阻予以适当的调整，输出电压始终达不到12V。判断TL431不良，更换之，并恢复原R_{ef}端参考点电阻阻值，复测，输出电压升高到12.4V左右。插上电源板和主电路板之间的插头，开机，亮度正常。

该显示器并没有配图纸，出于维修的职业习惯，还是对照实物绘出了开关电源部分的工作原理图，见图5。实际上，在日常维修中，一些看似复杂的故障现象，往往是一些很简单的原因造成的。只要有耐心，仔细检查，结合以往积累的维修经验，查阅或绘制相关的图纸，多动脑，多分析，排除一些常规故障还是很容易的。

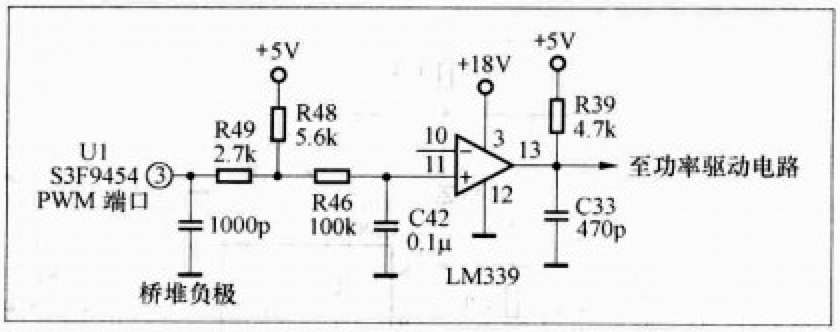
爱庭电磁炉加热不稳定故障的检修

文 / 林育汐

一台爱庭DCL-1650NY型电磁炉出现加热功率不稳定的现象。经检查开机后机器自动设定在第三挡(1000W)，电流约4.3A，大约3分钟后电流下降到1.5A，过1分半钟又上升到4.3A，如此周而复始；断电后重新启动，功率调至最大挡1650W(7.4A左右)，约1分钟后又出现上述故障。

分析与检修：从故障现象分析，本机的同步单元、IGBT驱动单元、低压供电单元、各数字电路、LC震荡主回路基本正常。维修重点可以放在IGBT高压保护单元、浪涌保护单元、电流检测单元、PWM单元(见附图)、CPU电路等。对于IGBT高压保护单元和浪涌保护单元分别采用分区开路法进行判断。代换检测单元(包括电流互感器CT1)及PWM单元相关元件，故障依旧。检查CPU外围电路，未见异常，维修陷入僵局。

事也凑巧，一周以后，刚好有同型号的电磁炉送修，机器修好后将CPU拆到故障机一试，整机正常工作，说明原机CPU内部电路有故障。在待机状态下，与正常机对比，CPU各脚电压均正常，难道此机就成为死机？冷静分析，根据电磁炉工作原理，估计此故障可能是单片机内部的PWM脉宽调控电路不稳定造成的，为了证实判断，试着在



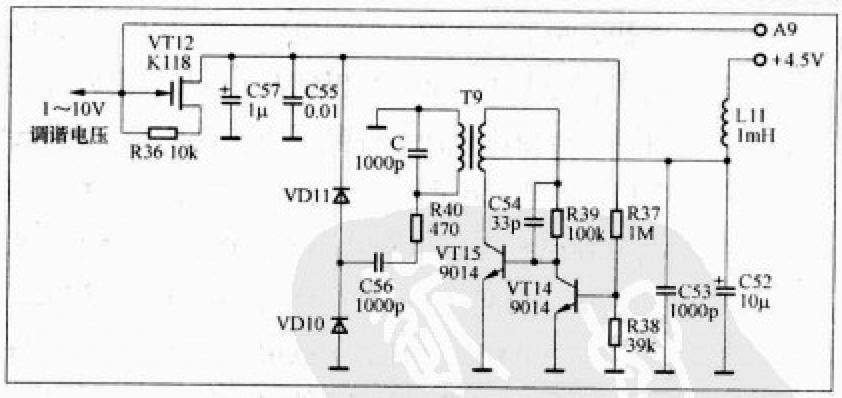
机器工作时用万用表(指针表用直流10V挡、数字表用20V挡)观察单片机3脚PWM端口的电压是否随故障变化(见附图)，此时各功率挡电压变化正常且稳定，电磁炉不论哪个挡位均能正常工作，功率不变！当撤掉万用表时，故障立即恢复。检修到现在才明白，若CPU输出的不同占空比的方波脉冲发生变形，则并联在CPU的3脚的万用表因其内阻(内部电路)将有害波形旁路，使其输出正常的方波脉冲，因此电磁炉正常工作。由于万用表内部电路复杂，无法模仿其电路，经反复试验，在CPU的3脚对地(此接地点必须外接引线焊接在整流桥堆的负极才有效)并联一只1000pF的瓷片电容，电磁炉恢复正常工作，加热功率不受影响。

电容漏电引发收音机出现“无台”

文 / 林芝松

一台德生PL-757收音机收不到电台信号，但时间显示正常。开机，调节音量电位器，扬声器传出了“沙、沙”噪声，音量能随着调节电位器大小而变化，说明功放部分基本正常。采用手动、自动搜索、频率直接键入等方式调谐，显示屏显示的频率值能随调谐的变化而变化，但就是收不到电台信号。用改锥触碰天线，扬声器传出“咯、咯”声，说明从天线输入至功放输出整条通道功能基本正常。打开机壳检查，目测元器件未见异常，用万用表测量调谐电压为0.2V左右，而且不随调谐而变化，此时基本可确定故障出在调谐电压形成电路。

PL-757收音机的调谐电压形成电路如附图所示。由于该机采用4.5V供电，而变容二极管工作时所需要的最大电压为10V左右，因此必须对4.5V电压进行升压。图中的VT14、VT15和T9的初级线圈等组成3MHz左右高频振荡电路，高频波经T9次级升压，VD10、VD11、C55～C57



倍压整流滤波后，在C57两端产生约15V的直流电压。用示波器测T9初级两端，可见约3MHz的振荡波形，但T9的次级两端却测不到振荡信号。用表测量T9次级两端电阻，呈现低阻状态，脱焊并联在两端的贴片电容C（容量为1000pF），再次测量，还是低阻，说明次级线圈完好，没有断路。检测脱焊下来的电容，发现存在严重的漏电，换上同容量的贴片电容，故障排除。

用对比法快速检修仪器仪表

文/戴心锐

在修理仪器仪表的过程中最麻烦的是没有对应的电路图，经过多年的实践，笔者摸索出了在无法找到待修仪器电路图的情况下可以快速把仪器修好的经验，即用参照对比法快速排出仪器故障，下面结合YB4320G型双踪示波器维修实例简述维修方法。

一台YB4320G型双踪示波器开启后，屏幕右半边部分有扫描光迹，左半边部分无扫描光迹，调“水平移位”，光迹可水平方向移动，但光迹不能移至示波器屏幕左半边。

有扫描光迹表明电源供电、触发电路及扫描电路等均正常。初步断定故障点可能在示波器x末级，但是布满密密麻麻元件的线路板上那一部分是x末级单元呢？本着先简后难的思路，第一步，从示波管尾座接线脚查起，找出x偏转板的信号引线。示波管管座有14个引线脚，其中有3个空脚（图1）。在管座的引线中有两对馈线J302、J303，J501、J502，从信号传输损耗原理分析，这两对馈线很可能分别是x偏转板与y偏转板的信号线，只要找出x偏转板的信号线就能找到突破口。搬来一台同型号的示波器拆开外壳对照引线焊接点用万用表检测，正常机J302、J303引线焊接点对地电压分别约为100V、105V，J501、J502引线焊接点对地电压分别在65V～190V及20V～150V可调。故障机J302、J303引线焊接点对地电压分别为95V、100V，J501、J502引线焊接点对地电压分别在60～65V及20～125V，从前面分析的情况和两机对照检测的参数一比较很快就看出了问题重点主要在J501馈线端。第二步，顺着这条线查下去。测两机TR509（B648A）、TR510（D668A）直流工作状态（图2），正常时TR509基极电压约为195V，发射极电压约为195V，集电极电压为60V～190V。故障时TR509基极电压约为190V，发射极电压约为190V，集电极电压为4.5～6.2V。正常机TR510基极电压为5.8～6.3V，发射极电压约为5.6V，集电极电压为60～190V。故障机 TR510基极电压约为4.6V，发射极电压约为4.5V，集电极电压为4.5～6.2V。通过上述对照检查，故障范围进一步缩小，在线分别检测故障机TR509、TR510、 R526、R516、D503、D504、C502、R515，最后发现故障机的电阻R515（100kΩ/1W）烧坏，换电阻后故障排除。

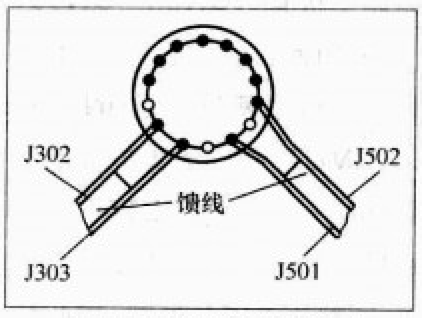


图1 示波管接线示意图

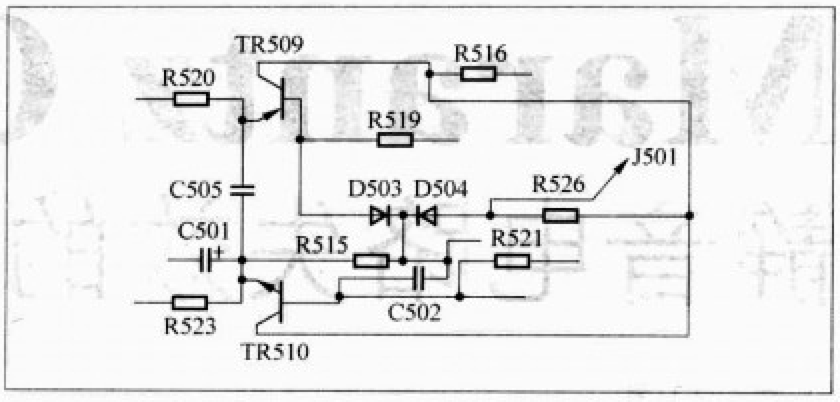


图2 X末级局部线路图

电容变质引起彩电色彩失真故障一例

文/韩军春

一台长虹牌C2165型电视机刚开机图像、色彩都正常，约2分钟之后出现色彩失真(如山东和凤凰台的台标变成粉红色、浙江台的台标变成淡青色)。收看1小时左右，图像呈黑白图像，此时调节色度电位器旋钮无效。间隔一段时间重新开机，又重复前述故障。

拆开机壳，在图像彩色失真时，分别测解码集成块N201(TA7698)的5～22脚、36～38脚，电压基本正常。在无彩色时测上述各脚电压，发现N201的7脚色饱和度控制端电压为1V，12脚消色识别滤波端电压为6.1V，其他各脚基本正常。此现象说明消色开关已关闭了色度信号通道。

为了准确判断N201的7脚色饱和度控制电路是否正常，断开N201的7脚，调节色度电位器，测电容C214两端，电压在0～9V之间可调，由此说明色饱和度控制电路正常，故障在解码电路。接着用一个16kΩ的电阻接在N201的2脚与12脚之间，强行打开消色门，图像上出现红、青相间且较粗上下滚动的色带。这是色不同步的具体表现，由此判断故障在副载波振荡恢复电路。根据随开机时间延长而出现无彩色的迹象，用酒精棉球给元件降温的方法判别，也没有发现元件异常，怀疑4.43M晶体和彩色解码集成块N201(TA7698)有问题，将其更换，故障依旧。根据维修经验，判断电容损坏的概率比较大。对N201的12～19脚外接阻容元件进行替换检查，发现C224(68pF)容量为780pF左右，比标称值高出很多，换上同容量的电容，图像彩色正常。

Marantz CD机
静音电路失效的检修

○ 文/安玉景

马兰士（Marantz）对于音响发烧友来说，应当是一个非常熟悉的品牌，即使没有使用过它的音响器材，也一定会知道它的名字。近几年上市的CD-19A和CD-17MKⅢ是Marantz的中档CD机，CD-19A价格在3000～4000元，CD-17MKⅢ则在5000元以上。笔者修过几台马兰士的近期产品，发现里面采用的D/A转换芯片已经不是CD-17MKⅡ的DAC7，也不是早期产的CD-19A中SM5872BS，而是换成十多年前在VCD机里常见的PCM1716E。这两种型号的CD机的静音电路经常出现同一种故障，即：在播放停止或一曲终了时，扬声器中都会发出"啪、啪"声。据用户反映，故障都是发生在开机的状态下拔插CD机输出端信号线造成的。特别是在气候干燥，容易产生静电的季节更容易出现此类故障。用万用表检查有故障的输出端对地直流电压，发现已由零变成了负电压。经检查是输出端附近的4只三极管（型号为C2878）中有1只管的be结击穿了，换上同型号新管后，故障排除。因为这两种CD机在出售时均不附带电路图，其静音电路的工作原理不容易分析，但所幸的是马兰士CD机的静音电路与其他机型的静音电路都几乎相同，所以可以用CD-53\63或CD57\67的原理图来分析静音电路的工作过程。

CD-63的静音电路如图1所示，机内电路板如图2所示。静音控制由4只NPN型晶体三极管（QN05、QN06、QN07、QN08）来完成，每个声道用两只。以右声道为例，QN06和QN08两个管子的基极分别经过两只电阻RN16和RN18（2.2kΩ)接到静音控制端RMUT，它们的集电极都接地，发射极都接在声频信号的输出端。在停止（STOP）或暂停（PAUSE）状态时，RMUT端的电位为+4.3V左右，QN06和QN08的发射结和集电结都处于正向偏置，因此是饱和导通状态，即OUT端对地短路，达到静音目的。而在播放（PLAY）状态，RMUT端的电位在－11.7V左右，这两只管子的发射结和集电结都处于反向偏置，因此工作于截止状态，因此声频信号可以顺利输出。

左右声道LMUT和RMUT端的电位变化是如何产生的

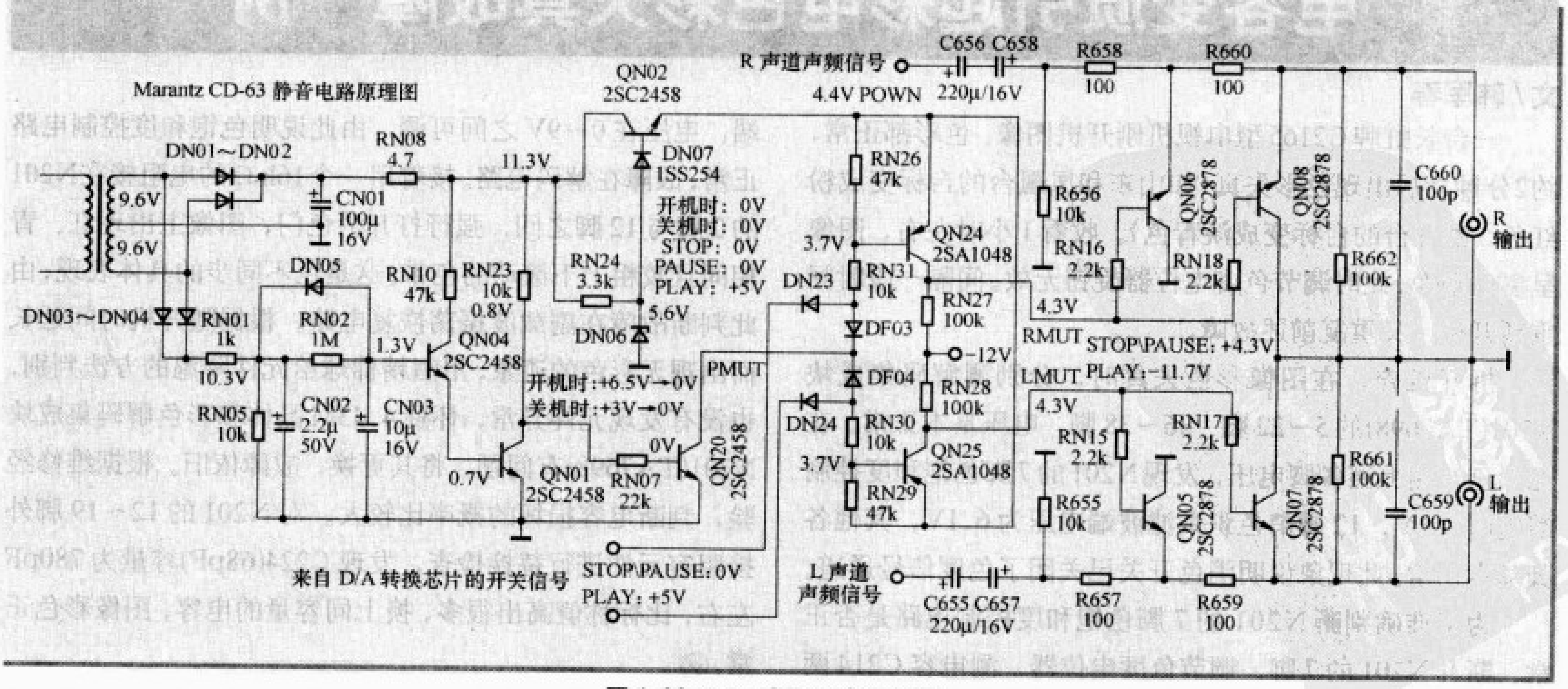


图1 Marantz CD-63静音电路

呢？由图可见，它们分别取自QN25和QN24的集电极。这两只PNP晶体管的发射极都接到POWN（+4.4V）电源，它们的集电极则分别经过RN28和RN27都接到－12V电源，而这两只管子的基极则分别受控于两路信号：一路是QN20的集电极（PMUT）；另一路是来自D/A转换芯片。以R声道为例：DF03和DN23两个二极管与电阻RN31、RN26构成负或逻辑门电路，只要DF03、DN23的负极电位有一个为0V，则QN24就处于饱和状态，此时它的集电极RMUT电位为+4.3V左右，使QN06和QN08饱和，输出端和地短路达到静音的目的。当DF03或DN23的负极都为+5V时，QN24截止，其集电极（RMUT）电位为－11.7V左右，使QN06和QN08截止，声频信号顺利送到ROUT输出端。

来自D/A转换芯片的开关控制信号是由IC内部自动产生的，不必也不可能深究其工作原理，我们只关心它输出的控制信号的特点。除了PLAY状态是高电平（+5V）以外，其他工作状态都是低电平（0V）。下面分析来自电源部分的控制信号是如何产生的。电源部分可分为POWN稳压电源和PMUT控制电路两部分。POWN（+4.4V）稳压电源又由整流、滤波和稳压电路三部分组成。电源变压器次级的双9.6V交流电压经DN01和DN02全波整流以后，先由CN01（1000μF/16V）滤波，然后由QN02及RN24、DN06、DN07组成简单稳压电路，稳压二极管的稳定电压是5.6V，经过DN07和QN02的发射结以后，在发射极输出稳定的+4.4V电压POWN，供给QN24和QN25。

DN03和DN04组成另一路全波整流电路，后面紧接有RN01和CN02、RN02和CN03两级RC滤波电路。在打开电源开关的不太长的一小段时间内，CN01上端电位很快成为+11.5V，为QN04和QN01提供集电极电源。而QN04的基极电压却上升缓慢，其原因是有一个阻值很大的电阻RN02（1MΩ）和CN03（10μF）组成的延时电路（此时二极管DN05因反偏而截止），使得QN04的基极电位上升较慢，故在这短暂的一段时间内QN04和QN01均处于截止状态，因此QN01的集电极电位可达6V以上，故而使QN20饱和，其集电极（PMUT）电位近似为零，静音电路工作，达到了开机静音的目的。等经过一段时间QN02基极电位上升到1.3V时，QN04和QN01都饱和导通，QN01集电极电位为0V，于是QN20截止，对静音电路不起作用。此时静音电路是否工作仅由D/A转换芯片输出的控制信号决定。在关机瞬间，由于DN03、DN04整流电路输出电压为零，电容CN03上的电压迅速通过DN05和RN05放电，使QN04基极电位很快下降，而此时由于CN01容量较大，故RN23和RN10上端电位仍可维持在5V以上，因此QN04、QN01都截止，而QN20则因为有RN23和RN07提供足够的基极电流而饱和，其集电

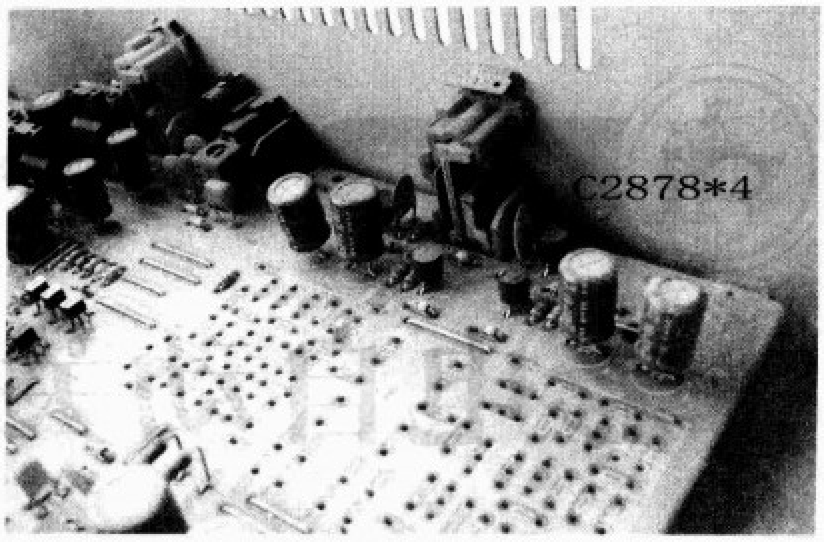


图2 机内静音电路板

极PMUT电位为零，静音电路工作，达到了关机静音的目的。

整个静音电路工作原理如上所述。作为静音开关的4只晶体管（QN05~QN08），在截止状态时，在它们的发射结上加有12V反向偏压，而绝大部分晶体管在集电极开路时，基极和发射极反向击穿电压（BV_{EBO}）均在5～7V之间，因此都不能用在此处！否则用上一只损坏一只。马兰士的设计师选用了2SC2878，这是一种极其特殊而又罕见的管子，它的BV_{EBO}可达25V，用在此处当然应该是没有问题的了，但是除了它之外，BV_{EBO}超过10V的管子可以说是千里挑一，很难找到。

Marantz早期的CD机静音电路发生故障的概率很小，但近期产的CD-17MKⅢ和CD-19A的这类故障却屡见不鲜，不知道是否静音电路或元件参数有所改变？不得而知。因为把损坏的管子一换，故障就消失了，所以也就没有再花费精力去根据电路板画它的电路图。以笔者分析，一般其他品牌的CD机或解码器中的静音电路，除了用继电器静音之外，大都是将一两只NPN型晶体管的集电极接在音频输出端，将发射极接地。因为晶体管的集电极与发射极间的反向击穿电压BV_{CEO}以及集电极与基极间的反向击穿电压BV_{CBO}都在25V以上，因此产生故障的几率很小。而马兰士的这种静音电路只要音频输出端的瞬间电压较高，就容易将其发射结击穿。当管子击穿后，输出端对地直流电压为负，根据这一点，很容易把故障检查出来。因为在正常情况下，不管CD机是STOP、PLAY、还是PAUSE状态，输出端电位均应该为零。

由于2SC2878难以寻到，也不必望机兴叹，或者痛苦地忍受那讨厌的"叭、叭"声，可以从其他型号的管子中经过测量挑选出BV_{EBO}在12V以上的管子代用。笔者就从D637这种型号的管子中挑出过一只代替C2878，这样使用已经快两年了，尚未出现问题。如果您的CD机带有耳机输出插孔，而您又不用耳机欣赏音乐，那么就可以将耳机输出静音电路中的2SC2878拆下，拆东墙补西墙，也不失为一种较好的办法。

维修员手记

彩电自动关机故障检修

○ 文/张兰家 贾凡

自动关机是彩电的常见故障，由于这种故障多为软故障，牵扯的原因很多，常常和保护电路密切相连，而检修保护电路对维修人员的理论和实践水平要求较高，如对具体电路不熟悉，就不能实施维修思路。造成维修人员对这种故障比较头疼的另一个原因就是由于机器还能工作或启动，一般用户往往认为这种故障是小故障，不需要换大零件，修这种故障不但没有成就感，有时甚至是费力不讨好，原因不言自明。俗话说："隔行如隔山"，对用户这种普遍的态度，一方面要理解，另一方面检修这种故障时，事先也要向用户解释清楚，说明维修的难度，体现维修技术的价值，晓之以理，并不是所有的故障都是接触不良，补焊一下就能这么简单修好。在实际检修中，首先直观地观察一下电路板的焊点是否有虚焊，但接下来还是要从保护电路入手，缩小故障范围，引导维修方向。下面我们分析几个具体的检修实例，以期得到有益的启示。

例1：一台长虹R2111A（A6机芯）彩电，开机短时间内工作正常，马上自动关机，再开机重复以上现象。

电路特点：该机为单片三洋LA7688机芯，CPU为LC864525。CPU的41脚为电源保护检测输入端，保护功能通过微处理器的待机控制完成（见图1），电路中VD581、VD582、VD583是负载检测二极管，V576为待机/开机切换控制管。CPU的7脚输出低电平时，机器正常工作。当电源（设置保护的电源电压）短路过载或整流电路无输出时，12V、7.8V、25V电压变低或0V，对应的二极管VD581、VD582、VD583导通，使41脚输 出低电 平（小于1.3V即开始保护），通过CPU使7脚输出高电平，开关电源切换成待机的状态，实现保护。

检修过程：根据电路的保护原理知道，设置保护的电源电压如果不正常，机器就会实施保护，所以开机检查时，在开机的短时间内，就迅速测量各+B电压。但还没等测量完成，机器自动关机了，这时测得CPU的41脚为0.7V，证明微电脑进入保护状态。再次开机接着测量全部各+B电压，检查完后没发现异常，各电压在未保护的短时间内是正常的，保护后各电压的下降幅度也符合正常的值，结合图纸推敲电路原理，最大可能是CPU的问题或瓷片电容C758漏电，使41脚电位变低。首先焊下C758用 万用表10kΩ挡检查，果然有明显的不稳定漏电现象，更换后，故障排除。

维修心得：这次检修过程 比较顺利，该故障是由保护电路本身的元件故障引起的保护电路误动作，了解其保护原理，判断和检修故障就会得心应手。本机为转修机，是小元件的毛病，而且故障不算特殊。经过询问得知，前面的维修员是在没图纸的情况下检修的，难怪没能发现问题。"功欲善其事，必先利其器"，如果对机型不是很熟悉，再没有必要的维修资料，维修举步维艰也就不足为奇了，所以，对维修人员来说平时积累维修资料，弄通工作原理是很重要的。"台上一分钟，台下十年功"，做家电维修也是这样，没有捷径，速修快修也是经验的升华，来自平时的积累和付出，所谓"天道酬勤"。

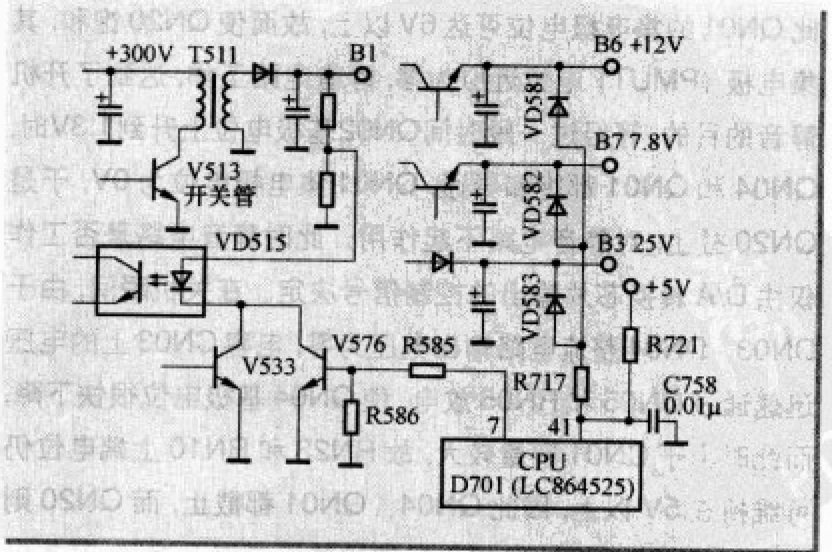


图1 长虹R211A过载保护电路

例2：一台夏普C-5407CK型彩电不定时自动关机，没有任何规律。

电路特点：夏普彩电的保护电路有其特点，保护功能比较多。夏普C-5407CK的保护电路（见图2）采用智能保护功能，通过控制CPU（IC1002）的11脚复位端实现。机器正常工作时，复位端为高电位，当由于某种原因产生保护时，控制管Q604导通使11脚电位变低，通过16脚使Q753截止，继电器断开，切断主电源，实现保护。从图中可以看出A点为关键的保护测试点，场过流保护，灯丝电压保护，伴音功放电源保护，+15V电源保护，+115V以及ABL保护全部通过A点来控制Q604的导通来完成，D606、D613、D634、D627、D607分别为各保护支路的检测管。

检修过程：首先短路行管的be结，用100W的灯泡做假负载检查开关电源，较长的时间通电，测得+B电压一直正常，排除电源故障的可能性，用代换法检查行的逆程电容，排除其稳定性欠佳的可能性，以上的检查主要从安全性上考虑，便于后面断开保护检查。由于在观看过程中从来没发现光栅图像有异常的情况，从保护原理分析，我们依次可以断开各保护检测管以缩小故障的范围。为了提高效率，所以就从关键测试点A展开，断开R628试机，故障仍然存在，这样就又排除了通过Q603实现保护的这几个支路（伴音保护、+15V保护、+115V及ABL保护）的故障可能性，恢复R628，断开R631，发现不再自动关机，这就证明保护来自场电路或显像管的灯丝保护电路，断开稳压管D607，故障消失，机器能正常的工作，看来是灯丝保护电路本身引起的误动作，这时范围已经缩得很小，最后用代换法检查为D607漏电。

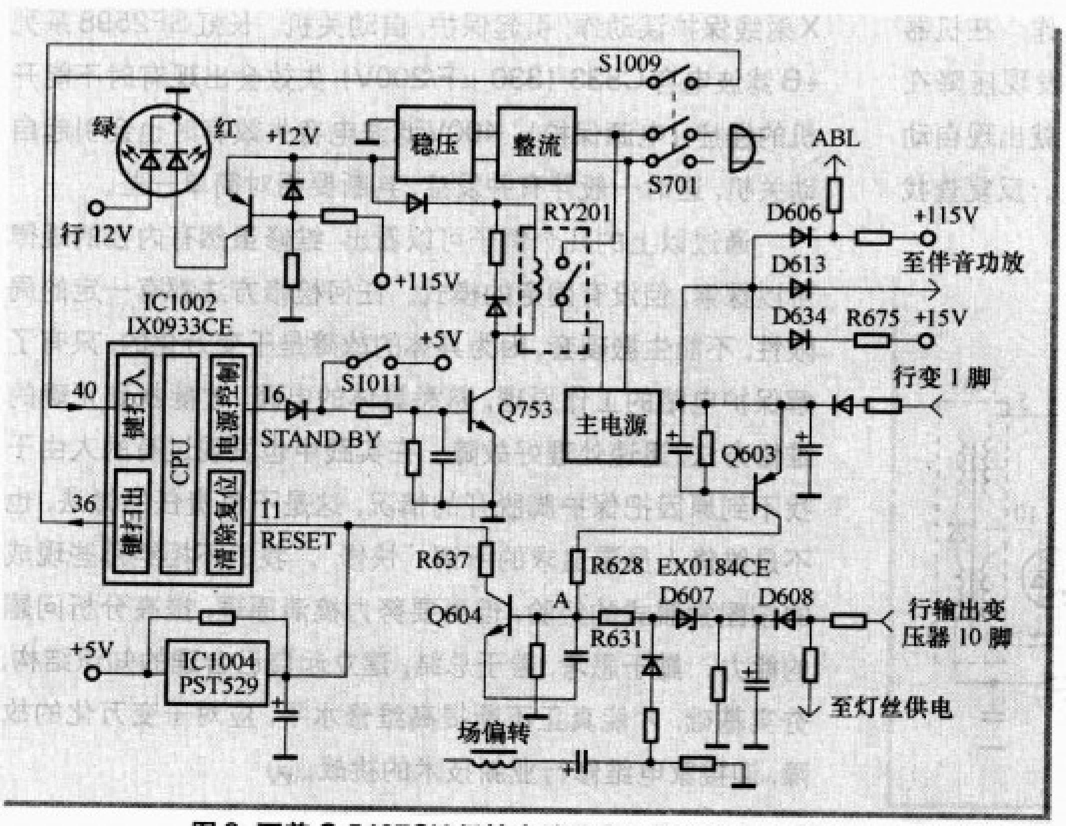


图2 夏普C-5407CK保护电路及电源控制单元电路

维修心得：本例的实际检修的过程并不顺利，可谓一波三折，用户慕名而来，但送修两次，没找到毛病，补焊一下，以为好了，但回去还是老样子。一开始出故障的频率也比较低，而且本机的主电源供电为继电器控制，保护以后主电源断开，检修就无从下手，当时也没有图纸，对用户说明情况，想知难而退，但用户比较理解，知道这种小毛病不好修，说家里还有电视机看，放在这里让我慢慢修理，就当练技术。用户的这种诚恳态度让人无法推辞，找来图纸，在不忙的时候静下心来分析，等到理顺保护电路的来龙去脉，画出简图，维修思路也就清晰浮出，困难就迎刃而解了。这也说明在维修中，不要老想走捷径，临渊羡鱼，不如退而结网，老老实实吃透原理，才是不断提高维修技术的基础。

例3：一台嘉华KC74D型彩电不定时自动关机，时间长短不一。稍停又能开机，但不能索台，图像质量差。

电路特点：这是TA7680+TA8759BN两片机，其过压/过流电路比较典型（见图3），Q450为过流检测管，R453为电流的取样电阻。正常工作时，R453的压降较小，Q450截止，对电路无影响；当行电流过大时，R453上的压降增大，使Q450导通，高电压通过R542加到IC301的X射线保护输入端52脚，关闭行振荡，实现过流保护。过压保护的取样则来自行输出灯丝电压绕组，对其整流后形成取样电压，当某种原因引起灯丝的绕组的电压升高时，则会导致稳压管ZD402击穿，高电压加至IC 301(TA8759BN)52脚，关闭行振荡。

检修过程：询问用户了解到，除了不索台外，自动关机的症状已存在很久，也修过一次，没修好，回去还是有时停机，现在又不能索台了，图像质量也差得很。首先更换调试中频变压器，解决图像和索台问题，一切很顺利。长时间试机，又出现关机的现象，经检测发现IC301的52脚电位升为1.3V（正常是0.3V），说明保护电路动作，这也说明停机和通道的故障无关。分析电路的保护原理，考虑到是软故障，所以重点检查取样电阻R453（0.68Ω）、检测管Q450和稳压管ZD402（Q450和ZD402要用代换法）。结果发现R453已变值，阻值接近2Ω。更换该电阻后，故障排除。

维修心得：本机保护电路比较简单，故障相对也很好检查，关键是在测量的时候要用数字表，因为电阻太小了，仅0.68Ω。电流取样电阻的阻值一般都比较小，用机械表测量不好掌握。通过和用户交谈了解到了上次的维修情况，我猜测上个维修员可能就是吃了这方面的亏。取样电路的电阻值要求的比较严格，这点要引起注意。印象颇深的是过去曾经碰到数

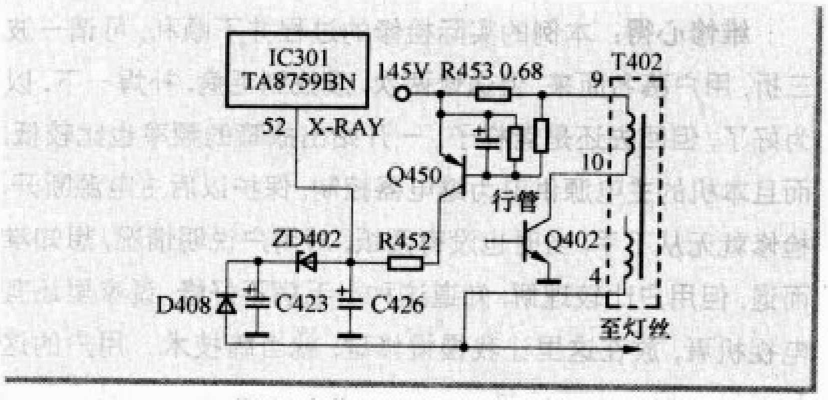


图 3 嘉华 KC74D 保护电路

例 M11 机芯彩电 +B 输出电压高，屡损行管，其原因就是开关电源的取样电路的上分压电阻（39kΩ/1W）变值，由 39 kΩ 变成 40~42 kΩ，这是个五环电阻，精度要求比较高，用机械表很难测量准确，其中有两台是别人作为疑难故障送来的转修机，没修好的原因就是由于维修员不习惯用数字表测量，虽然也查到该电阻，但没能发现问题，所以，对一些精度要求较高的关键电阻要用数字表测量，这样就可以避免这种情况的发生。

例 4：一台嘉华 21W3 型彩电不定时的自动关机。

电路特点：该机的主芯片为松下单片AN5195K，芯片的55脚为X射线的保护输入脚（参考图4），该脚的保护阀门值为 0.7V。当该脚电压大于该值时，行振荡停止，实现保护。Q405 为过流检测管，R439 为过流取样电阻，D409、R434、C431 构成过压保护取样电路。过压和过流保护的工作原理和上例基本相同，不再详述。R436、R437、D412、C436、R306 等组成 ACL(ABL)电路，IC301 的 20 脚为 ACL 控制输入脚。

检修过程：测得 +B 电压为 110V，正常，AN5195K 的保护输入脚（55 脚）大于 1V 时，证明保护电路动作。在机器正常工作时，测取样电阻 R439 两端的电压，发现压降在 300mV 左右时随图像的内容波动，当压降大时，就出现自动关机的现象，由此推测：停机是由于过流引起的。反复查找

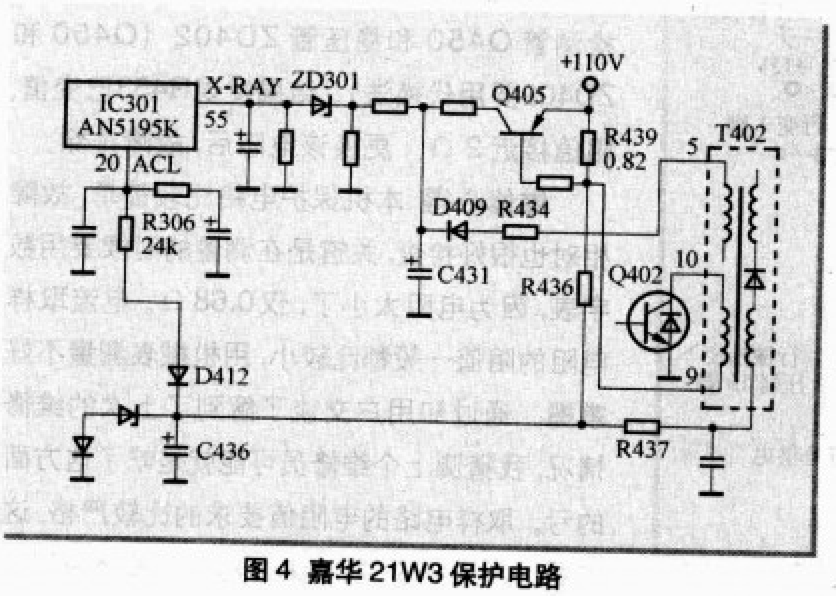


图 4 嘉华 21W3 保护电路

原因（包括更换了行输出变压器），未能如愿。后来发现在收看暗场景的节目时不停机，于是把亮度和对比度的模拟量调最小，长时间观察，果然故障不再出现，由此怀疑ACL（ABL）电路可能有故障，于是对ACL电路的几个元件逐一认真检查，发现 R306(24kΩ)变值，更换后，故障排除。

维修心得：本例故障原因为电阻变值，使ACL电路失控，束电流过大导致过流保护电路动作。检修中也是从保护电路入手，通过测量电流取样电阻 R439 两端的压降发现为过流保护，然后查找过流的原因，过程比较艰辛，最后，通过仔细观察才发现低亮度时故障消失这一重要的线索，以此为突破口，解决了疑难。后来发现这种降低亮度的方法确实是一种维修的技巧，十分有效。曾经修理过一台金星彩电 C452（TN-2T机芯），故障现象也是无规律自动关机（行停振保护），有时能看很长的时间，有时很短，经人多次维修也没有找到毛病，我检查前有意识地将亮度和对比度的模拟量减到最小，并减小一点加速极的电压，在极低的亮度下长时间观看，发现自动关机的故障消失，由此推测自动关机由束电流过大引起，直接检查 ABL 电路，发现 R421(120kΩ)变为 150kΩ 且不稳定，更换后，故障排除。

实际上，引起自动关机故障的原因还很多，也不可能一一列举，因为彩电具有各种完善的保护电路，使得许多故障现象都归结为自动关机。有一点要特别强调，在各种原因中，由于各级电源的滤波电容失效引起的保护电路误动作也时有发生，容易形成疑难故障，要引起注意。比如长虹 C2588P 系列彩电有一个通病就是不定时关机，有的同时伴有伴音堵塞，声音失真，其原因就是115V 次级的一个滤波电容 C446（33μF/200V）漏电失效，使 TA7698AP 的 30 脚电压升高，X射线保护误动作，引起保护，自动关机。长虹 SF2598 系列 +B 滤波电容 C833（330μF/200V）失效会出现有时不能开机的怪症（电源保护）。400V 滤波电容失效有时也会引起自动关机，这时一般伴有并发症，判断要相对简单一些。

通过以上的几个例子可以看出：维修虽然有内在的规律可以探索，但没有固定的模式。任何检修方法都有一定的局限性，不能生搬硬套，因为具体的故障是千变万化的，只有了解保护电路的工作原理，熟悉具体的电路，才能找到正确的维修方法，迅速处理好故障。在实践中也发现过有的人由于找不到原因把保护脚脱开的情况，这是不负责任的做法，也不是维修人员要追求的所谓“快修”。我们不拒绝那些现成的按图索骥式的经验，但更要努力搞清原理，提高分析问题的能力。勤于思考，善于总结，建立起自己合理的知识结构，夯实基础，才能真正不断提高维修水平，应对千变万化的故障，迎接家电维修行业新技术的挑战。

手机旧电池的再利用

○ 文/宋海红

现在每个人手上基本都有几块淘汰下来的手机电池，这些淘汰下来的手机电池，虽然在手机上不能正常使用，但是在充足电后，用在其他小电器上还是绰绰有余的，从而达到节约能源，变废为宝的目的，如各种电器的遥控器、小手电、收音机、随身听、电动玩具等。

1.把手机电池芯取出用在电器遥控器上，一般遥控器电池采用两节5号电池（长为5.0cm、直径为1.4cm）并行串接安装在电池仓内。其改造方法如下：

用小刀沿手机电池上下外壳接缝处小心撬开，电池上下外壳一般都是用胶粘合的。取出电池芯（长为4.8cm、宽为3.6cm）及充电电路板，在电池芯的正负极焊两根线（红、白），而不是其充电电极的接线处，把两个电极引线另一端焊上小型插头。用透明胶带把电池芯和电路板全部粘一层，露出电池原充电极和引线及插头，以防电池芯及其充电电路板和遥控器的正负极簧片相碰。最后再用小刀或铬铁在电池塑料外壳边沿合适位置开一个小孔，这样在电池电量用完后，可把电池芯从遥控器内取出，合上手机电池芯外壳，把所接的两根导线从小孔中引出，就可把电池放进充电器进行充电。

拆开遥控器的外壳，把电路板取出，在电路板接电池的正、负极处，根据需要焊接上一定长度的导线并焊接上插座（手机电池上插头与遥控器上插座极性应一致），这样遥控器的改造就算完成。此时，就可把手机电池芯放进遥控器的电池槽内，再把手机电池上插头与遥控器上插座相连接，盖上遥控器电池后盖，这样遥控器就可正常使用了。如果电池芯宽，放不进电池槽内，可用小刀把遥控器电池槽两边塑料隔板割掉些即可；如果电池芯长，可把电池槽前后边的电池导电簧拔掉不用。

如果遥控器电池采用两节7号电池（长为4.5cm、直径为1.0cm）并行串接安装在电池仓内，可先把电池槽前后边的电池导电弹簧拔掉，再用小刀把遥控器电池槽两边塑料隔板割掉即可。

2.用在收音机、随身听上，一般收音机、随身听采用两节5号碱性干电池（长为5.0cm、直径为1.4cm）串行串接安装在电池仓内，这样就没有足够的空间安装手机电池芯，只能用胶带把手机电池固定在收音机、随身听的外壳上。其改造方法：先选较小的并行插座、插头或耳机型插座，然后按上述方法把插头、插座接在收音机、随身听电池正负极处，再在电池仓边合适部位打孔，把并行插座或耳机型插座固定好即可。这样做还有一个好处，就是在手机电池无电时，可随时把干电池装进，使收音机、随身听正常使用，从而达到双备份的作用。笔者把旧手机电池充满电后，用在收音机上，每天收听二三个小时，竟然能使用一个星期左右。

最后需要说明的是收音机、随身听、小手电、各种电器的遥控器大多采用两节干电池（3.0V）供电，而手机电池充满电为4.2V，这样其电压就比各种电器的正常供电电压要高1.2V。经实际应用，并不会影响其正常使用，因各种电器的工作电压适应范围较宽。

装机小经验——破解硬盘丢失之迷

○ 文/刘福胜

我的电脑使用至今，越发感觉原机希捷U6老硬盘转速低、容量小，严重拖累机器的启动和运行速度。遂购得一块二手希捷酷鱼80G硬盘，安装系统后使用不足半个月，就频繁出现开机检测不到硬盘的情况，偶尔还伴有显示画面停滞的死机故障，同时还能听到硬盘主轴停转的声音。这种现象以前并未出现过，我怀疑新换硬盘本身有毛病。该硬盘购买于寒冬季节，拿到手里时硬盘表面还有一层淡淡的结霜。我想在零下近30℃的低温下，电子产品的可靠性和使用寿命可能也会大打折扣，有可能导致硬盘PCB板上面的触点发生接触不良。于是旋开电路板上面的4颗螺钉，翻过电路板，明显看到电路板上面的主轴电机触点和通向盘体内部的触点部位都已经严重脏污变色。用工业酒精清洗盘体触点和PCB板后，露出明亮的触点，复原后重新装回机箱，使用半年有余再无上述故障发生。

回想早期组装二手电脑时，偶尔就碰到过上述同类故障，都是更换硬盘了之，并未深究根源，现今弄清原由，修复硬盘并不难。

伴音时大时小软故障的检修

○ 文/孙德印

一台长虹 C2588 彩电，伴音音量比正常时小，收听途中有时突然声音变大，有时变小。先后经过两个维修人员检修，更换过功放集成电路，补焊过中放和伴音处理电路，均未排除故障，经人介绍送修我处。

该机的伴音处理电路复杂，设有环绕声处理电路、卡拉OK电路和重低音电路，分布在主电路板、AV/TV切换板、重低音和卡拉OK板三块电路板上，通过插接件相连接，任何一个电路发生故障，均会引起伴音故障，特别是环绕声处理电路NQG07采用的是TA8776N，采用I^2C总线控制，还兼顾音量、音调调整功能。

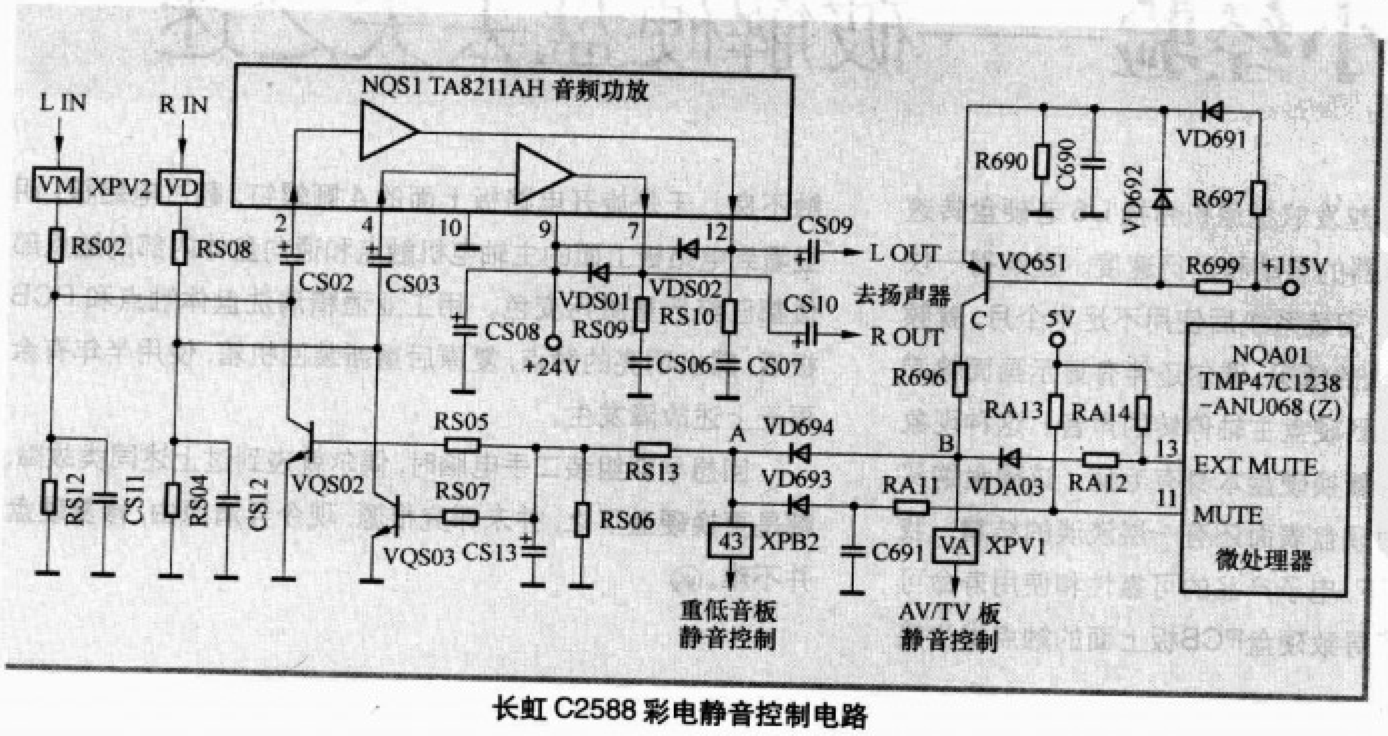
为准确确定故障范围，仔细聆听电视伴音，发现该机不但声音较正常时减小（正常时将音量调整到20～30就够用，现在同等音量需调到40～50），而且声音调大时略有失真，扬声器中还伴有“喀喇、喀喇”的噪声。根据故障现象，判断有三种可能引发上述故障现象：一是伴音电路虚焊或插接件接触不良，二是扬声器音圈位置偏移或纸盆引线接触不良，三是电路元件变质且不稳定。

本着从外到内、从简到繁的原则。首先采用震动电路板的方法，伴音故障不受震动的影响，排除接触不良的可能，然后检查扬声器也未见异常，最后只剩下难度最大的电路元件变质的可能。

电路元件变质的范围较大，即可能在伴音中频放大、解调电路；也可能在AV/TV切换和伴音信号处理电路，还可能在伴音功放电路中。为缩小故障范围，在AV输入端输入VCD信号试听，伴音时大时小故障依旧，看来故障在AV/TV切换电路之后的伴音信号处理和功放电路中。

用音频信号发生器逐级输入音频信号，确定故障范围。先断开主板与AV/TV切换电路之间的插接件XPV2的VM、VD伴音信号连接线，从功放电路的输入端输入音频信号，仍然有伴音时大时小故障，看来故障在伴音功放电路中。该机的功放电路如附图所示，对伴音功放电路NQS1(TA8211AH)各脚电压进行检测，均在正常范围内，而且前维修人员已经更换过伴音功放电路TA8211AH，使检修陷入困境。

后来仔细分析该机伴音电路，发现在音频电路中还设有如附图所示的静噪控制电路。一是微处理器NQA01(TMP47C1238 ANU068 Z)的11脚、13脚输出静噪控制电压，二是以VQ651（2SA949Y）为核心的关机静噪控制电路。NQA01的11、13脚在按遥控器上的“静音”键或无电台识别信号时，输出高电平5V静音控制电压；VQ651在关机时，由于C690储存的电压通过VQ651放电而导通，输出高电平静音控制电压。高电平静音控制电压使左右声



长虹 C2588 彩电静音控制电路

集成电路供电管也是故障高发点

○ 文/于玲艳

现在的彩电一般都是上门维修，这就要求维修工考虑周全一点，对于怀疑可能损坏的元器件，绝不能存侥幸心理，要毫不犹豫地更换，否则造成不必要的返工，那样损失可就大了。对于集成电路供电三极管的损坏，就是极易疏忽的一个地方，下面是笔者的三个维修实例，希望能给广大同仁一点启示。

例1：海信TF2107H型超级单芯片彩电，出现一条水平亮线。

相关电路如图1所示，测量场输出集成块N401（TDA9302H）的输出端（5脚），对地电压为0V（正常13.5V），

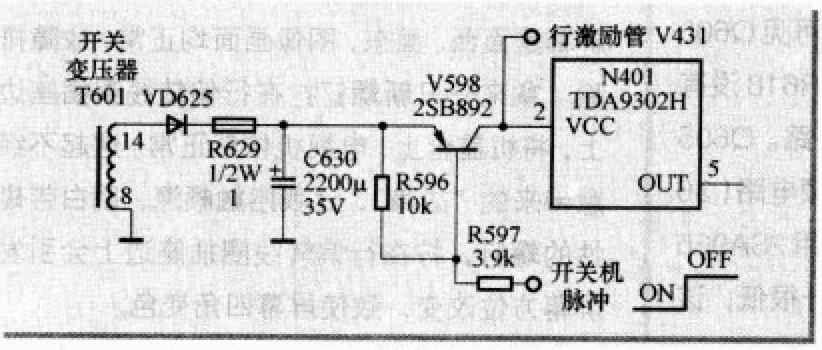


图1

而2脚供电正常（25V），估计TDA9302H已损坏。由于手边没有TDA9302H，因此用耐压更高的TDA8172代换。试机1个多小时电视机工作正常，于是就交付用户使用。第二天用户反映，该电视机又出故障了，这次连光栅也没有了，只有伴音。这时想起用户曾说过，电视机上次先有怪味发出，后来才损坏的。但是在检修时却没发现哪个元器件鼓包，于是就没仔细往下检查。重新检查，由于V598集电极输出+24V，不但给场输出级供电，还给行激励管V 431供电。估计起初由于TDA9302H损坏，使V598过流（裂口、冒烟，但并未立即损坏），这次它彻底损坏了，无+24V电压输出，所以连光栅也不会出现。上门检查，的确如此。第二次上门又换了一只2SB892，仅看了两天，2SB892又开路了。第三次上门换用另一电子门市部门的2SB892。当时是暑假，试机1个小时，觉得2SB892有点烫手，估计不会使用长久。最后找来拆机件2SB1165替换2SB892，该故障彻底排除。行场待机供电采用2SB892管子的机型很多，因为市售的2SB892很不可靠，笔者一律换为与它性能相近的其他型号的管子。

道静音控制三极管VQS02、VQS03饱和导通，将伴音信号对地短路，达到静音的目的。同时静音控制电压还经过插接件XPB2的43脚，送到重低音电路板对重低音信号实施静音控制；NQA01的13脚和VQ651的关机静噪控制电压还通过插接件XPV1的VA脚送到AV/TV切换电路板，对AV/TV切换电路NQV03(TA8628N)实施静音控制。

该机在发生伴音时大时小故障时，测量静音控制电路中的A点电压在0.7V，该电压正常时应为0V，由此判断是静音控制电路引起的音量减小和时大时小故障。由于有三路静音控制电压输入到A点，为了区分是哪路静音控制电路引起的故障，测量微处理器NQA01的11脚、13脚电压均为低电平0V，而测量静噪控制电路的B点电压为1.4V，C点电压为10.5V，且上述电压均不稳定，时高时低，增高时音量减小，降低时音量增大，看来是VQ651关机静噪控制电路引起的伴音时大时小故障。拆下VQ651后，开机伴音音量恢复到正常状态，时大时小故障也同时消失。测量VQ651，无漏电现象，检查VQ651外围电路元件，发现分压电路R690（560kΩ）阻值增大且不稳定，最大时接近开路，致使VQ651发射极电压提高，处于轻微导通状态，产生上述故障。更换R690后，故障彻底排除。

小结：根据维修经验，伴音时大时小和失真故障，大多由伴音处理电路、音量控制电路引起，而本例却是由静音控制电路故障引起的。由于静音控制电路发生故障大多引发无声故障，致使检修时判断失误，走了弯路，甚至陷入困境。提醒同行们遇到类似伴音故障，在对伴音处理电路、伴音控制电路检修无果时，注意对静音控制电路的检修。

例 2：TCL-2136F 型彩电，遭雷击后，伴音功放块 IC601（TA8213K）炸裂，保险电阻 R841 开路，更换新的元器件后，收看不足 20 小时，又突然无伴音。

相关的电路如图 2 所示，分析电路图，Q603 为 TA8213K 的供电三极管，它的导通与否，由行输出级来的 +24V 供电来控制。若行扫描电路不工作，则无 +24V，Q603 便截止，TA8213K 的 7 脚无供电，因而无伴音。测 IC601 的 7 脚无供电，而 Q603 基极有 0.7V 电压，集电极也有 +18V 电压，Q603 应该饱和，但却截止。测 7 脚对地正反方向电阻基本正常。把 Q603 拆下来，看其表面已有裂口，Q603 损坏无疑，显然是雷击所致，后悔当初没有仔细检查，否则就不用返工了。用 2SD882 更换后，伴音恢复正常。

例 3：创维 25N66AA 型彩电（4T36 机芯）遭雷击，超级单芯片 TMPA8803 也没能幸免，更换新的集成电路后，仅 4 天又出现“无光栅、无伴音、指示灯闪烁故障”。

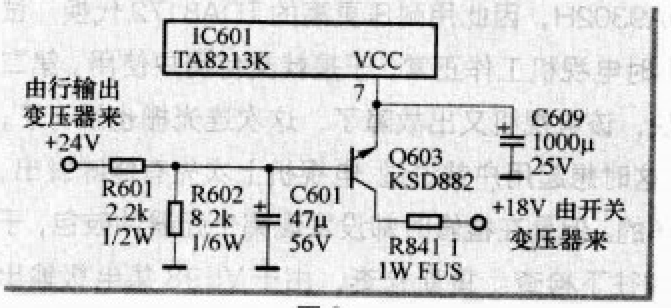


图 2

相关电路如图 3 所示，检查开关电源输出的 130V，正常。按遥控器开、关机，指示灯也有反应，只是行电路不启动。测 TMPA8803 的 17 脚，无 9V 行供电电压。测三端稳压块 IC602 的 3 脚，也无 9V 输出。测输入端（1 脚）电压为零。看来 Q605 未导通。测 Q609、Q607 的基极、集电极电压，它们都能随着遥控开机、关机发生跳变。检测 R620、R621、D614 也都正常。测 Q605 发射极，有 12.5V 电压，可见 Q605 有问题。因为 IC602、Q611、ZD604 曾经更换过，唯独 Q605、R618 没有更换，估计 Q605 受雷电冲击后加速老化。对 Q605 测量，果然开路。Q605 开路后便无 9V，则行扫描不工作，而 5V-2 则给超级单芯片的中频电路（36 脚）和亮度视频通道（44 脚）供电，所以没有 +5V 自然无伴音。用 2SA966 替换，一切正常，但感觉温升偏高，只得用 2SB1165 替换，温升很低，该机彻底修复。

集成电路的供电管，多采用低耐压、大电流、小功率全塑封三极管（如：2SB764、2SA966、2SB892、2SB985、2SD400 等），其耐冲击性较差，集成块短路，三极管极易开路损坏。尤其是场输出集成块短路，要毫不犹豫地把供电三极管换掉，以免留后患。但是很多情况下，保险电阻形同虚设，如例 1 中的 2SB892 过流损坏，保险电阻 R629 也不开路。这类管子的代换，最好换为性能更好的管子，市售的同型号管子往往不可靠。对于 NPN 管，笔者一般用 2N5192（TO-126 封装、80V、4A、40W）或 TIP41C（TO-220 封装、100V、6A、65W）代换；对于 PNP 管，则用 2N5195（TO-126 封装、80V、4A、40W）或 TIP42C（TO-220 封装、100V、6A、65W）代换，这些拆机品多是原装进口的，并且价格低廉，无一返修的。

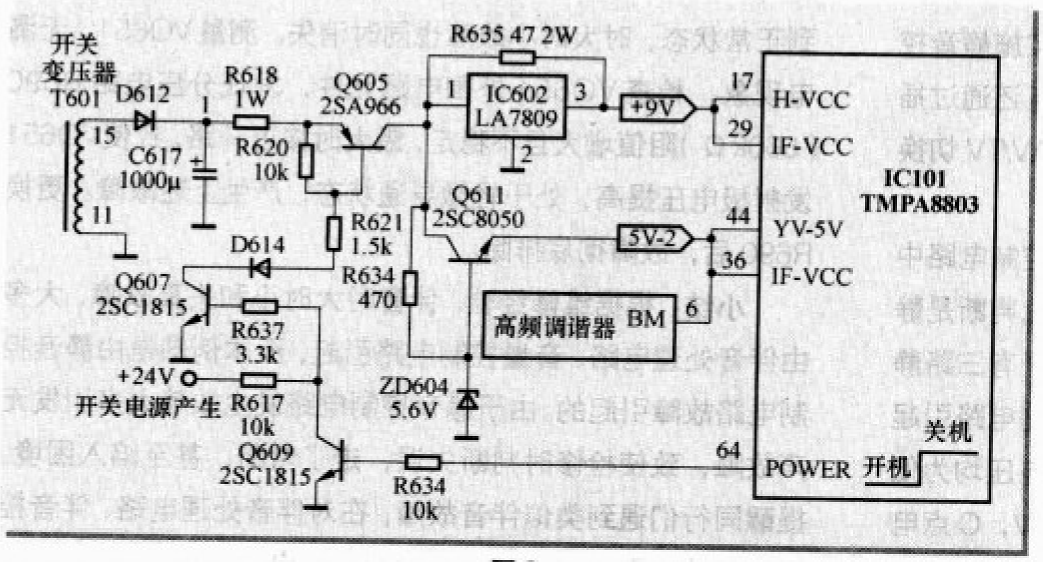


图 3

一颗“磁化”螺钉引起的故障

将一台康佳 T2916 型彩电修理完毕，我在固定在行偏转线圈插座边上最右一颗螺钉时，由于手未抓紧螺钉，使螺钉脱落在电感的磁芯上，拾起螺钉便将此螺钉拧上。当时电视机屏幕在面西方向，图像画面正常，于是装上机盖螺钉，但将电视机移个方向，屏幕面向东时，却出现屏幕四周变色现象。这时我认为可能是多次拔插消磁线圈插头引起的虚焊。于是将消磁线圈插头座、消磁电阻加焊一遍，但故障依旧。这时我急得直冒汗，冷静地思考片刻，于是便怀疑在行偏转线圈插座边上的那只脱落在电感磁芯的螺钉可能被磁化带磁。再次拆机盖，干脆拆除这只安在行偏转线圈插座边上的这只螺钉，说来真怪，电视机无论屏幕是面西、面东，图像画面均正常，故障排除。拿来一只新螺钉拧在行偏转线圈插座边上，将机盖合上，电视机依然正常。这起不经意带来的“故障”，让我感触颇深，明白带磁性的螺钉，拧在行偏转线圈插座边上会引发屏幕方位改变，致使屏幕四角变色。

（倪耀成）

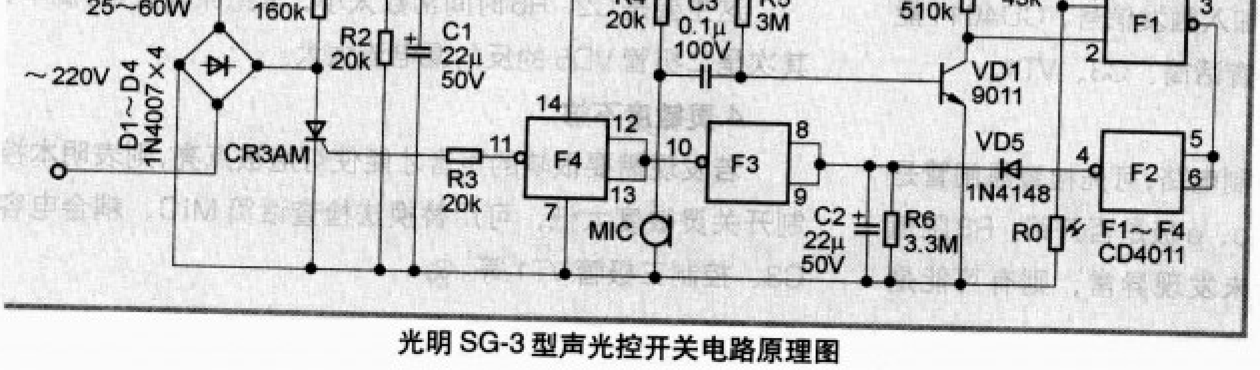
光明牌SG-3型
声光控电灯开关的检修

○ 文/余俊芳

光明牌SG-3型声光控电灯开关，具有声音和光照双重控制功能。广泛应用于公共场所。该产品使用的量很大，损坏率较高，因此本文介绍一下其常见故障的维修方法。

一、工作原理

由于产品没附电路图，因此本文给出的电路图是根据实物所绘制的（图中元件编号系笔者所注）。由附图可知，市电经VD1～VD4全波整流，由R1、R2分压后在C1两端获得10～20V的直流电压（市电在160～240V范围内输入时）作为控制器电源。在白天由于光照较强，光敏电阻R0阻值较小，故四与非门（CD4011）之一的F1输入端(1脚)呈低电平，另外，电源经R5给控制管VT1的b极提供正偏置电压，故VT1导通，F1输入端（2脚）也呈低电平，由与非门的逻辑功能可知，其输出端（3脚）输出高电平，即四与非门之二的F2输入端（5、6脚）均为高电平，故F2的输出端（4脚）输出低电平。因此隔离兼传导二极管VD5截止→四与非门之三的F3输入端（8、9脚）呈低电平，输出端（10脚）呈高电平，即四与非门之四的F4输入端（12、13脚）也为高电平→输出端（11端）输出低电平→单向晶闸管CR3AM（改进后型号）不能触发导通→串联在电源输入回路中的电灯泡L不能被点亮。到了晚上，因光照很弱，光敏电阻R0阻值增大很多，使F1的1脚由低电平变为高电平。但F1的2脚仍为低电平，由与非门逻辑功能可知，其F1的输出端（3脚）仍输出高电平。所以F2、F3、F4的输出状态仍保持不变，灯泡L不亮。当行人以一定音量脚步声走近开关附近或在开关附近击掌时，话筒MIC会将声信号转变为电信号，并经C3将一定幅度的信号负电压耦合至VT1的b极，使其c极的平均电压升高，即F1的2脚电平升高，F1的3脚输出低电平，F2、F3、F4也相继翻转，F4的11脚输出高电平，经R3触发晶闸管导通，电源输入回路有电流流过，于是灯泡L被点亮。在VD5导通后可对C2充电。在响声消失后，VT1的b极电位升高，VT1导通加深，F1的2脚恢复低电平，3脚输出高电平，使F2的4脚输出低电平，VD5重新截止，但因已充电的C2正端仍有电压加在F3的输入端，故F3的10脚仍输出低电平，F4的11脚仍输出高电平，继续维持晶闸管导通，即灯泡不熄灭。不过此期间C2两端电压正通过R6放电，即F3的输入端（8、9脚）电压正在不断下降，当下降至F3反转的阈值电压时，F3反转，其10脚才输出高电平。使F4的11脚输出低电平，导致晶闸管重新关断，灯泡L熄灭。所以C2、R6称为延迟元件，改变C2、R6的数值可以改变在响声消失后灯泡继续点亮的时间。



光明SG-3型声光控开关电路原理图

二、故障检修

本控制器常见故障主要有以下4种。

1.灯泡一直不亮

这种情况可能是灯泡断路，也可能是电源或控制电路出现故障。在确认灯泡正常的情况下先检查C1两端是否有10V以上直流电压。如果没有，就有可能是整流二极管VD1～VD4损坏、C1损坏、电阻损坏或其的焊点开焊等，应逐一检查确诊。若C1两端电压正常，再检查光敏电阻是否正常，光敏电阻在用黑纸包裹起来后测量其阻值应在1MΩ以上。在有光照射下阻值应只有数百欧姆，否则应予更换。当确认光敏电阻正常

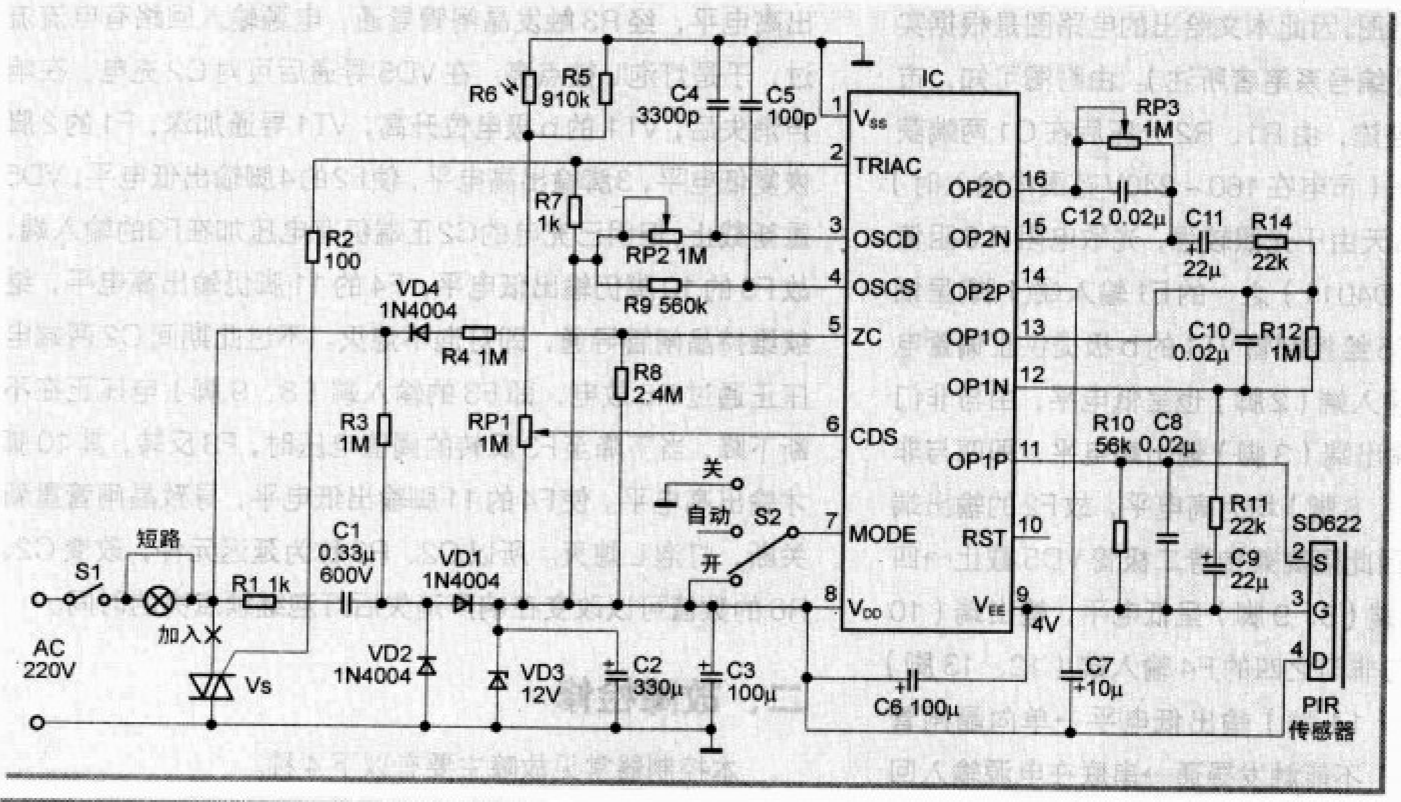
将光控灯巧改报警器

○ 文 / 刘福胜

光控灯的工作原理是依靠红外热释电传感器(前端附加半圆环形薄膜透镜用于扩充工作角度和提高灵敏度)收集和拾取移动人体和较大动物身体发出的红外线，以此来触发并控制灯泡的亮与灭，达到照明和节约用电的目的。如果我们变通一下，把负载由灯泡改换成高音讯响器安装在住宅的门/窗旁边，岂不成了梁上君子的克星，酣睡的梦境中再也不怕飞贼侵扰。

常见楼道灯的电路原理如附图所示，需要改制的仅仅在晶闸管的控制部位，改动的方法比较简单。先将原电路中灯泡处改为直通连线，切断晶闸管上方主回路铜箔，加入1只交流220V高响度蜂鸣器(此蜂鸣器一次触发将鸣响1分钟，而后关闭)。另外，再用一黑色胶带密封住光控灯内部的光敏电阻，这样就能保持白天也能工作，到此改装完毕。

安装要求：报警器应尽量安装在离门、窗接近处，安装高度和角度应以覆盖到人可以进出的全部面积范围。此报警器的实际使用测量报警角度大于90°，探测距离达7m，完全可以满足家庭应用，唯一不足是该报警器使用交流220V供电，停电将意味着监控的失效，对于经常停电的区域，建议使用交、直流供电的报警器产品。



后，用黑纸严密包裹起来，然后在4个与非门输入端依次加入人为触发信号，并用万用表监测其输出端电平是否改变。若不变，在外围元器件均正常的情况下，说明CD4011损坏。若证明CD4011正常，在CD4011的11脚有高电平输出的前提下，灯泡仍不亮，那只有是R3或晶闸管出现开路性损坏。若在CD4011各输入端人为加入触发信号，CD4011能正常翻转且灯泡能点亮，则应检查话筒、C3、VT1。

2.灯泡长亮不熄

这种情况表明故障主要在控制电路，可先检查晶闸管是否已击穿。若正常，再查VT1的c、e极是否开路，R8阻值是否增大，VD5是否开路。若未发现异常，则有可能是CD4011内部损坏，可按上述人为加触发信号的方法予以确认。若CD4011正常，则应考虑本控制开关的两引线接线柱是否有相碰的地方(因本开关有金属屏蔽罩，安装不妥会使两金属接线柱短路)。

3.灯泡点亮时间太短

这主要是C2、R6时间常数太小，常见原因是C2漏电，其次是二极管VD5的反向漏电流太大。

4.灵敏度不够

若发现需要很响的声音才能使灯泡被点亮，则表明本控制开关灵敏度太低，可用替换法检查话筒MIC、耦合电容C3、控制三极管VT1等。

电磁炉IGBT管损坏的十大原因

○ 文/王绍华

电磁炉以它价格低廉、使用方便已大量进入千家万户，不同品牌电磁炉其内部电路也基本相同。在维修电磁炉实践中，笔者发现IGBT管击穿损坏故障占大多数，同时还连带熔断12~15A电源保险丝管、过流损坏20A的整流全桥等。那么到底有哪些因素导致IGBT管的损坏呢？经总结大致有以下几个原因。

1.高压保护电路故障

高压保护电路的作用是防止加至IGBT管C极的电压过高（1500V以内），该电路一般是以一组电压比较器（LM339）为核心，电压比较器的反相输入端通过大功率（2W）五环精密电阻与IGBT管C极相连，若加至C极电压过高，比较器将会将驱动IGBT管的脉冲信号关闭（多数是旁路到地）。该电路的常见故障是五环精密取样电阻开路或虚焊。

2.同步电路故障

同步电路的作用是保证加至IGBT管C极的开关脉冲前沿与加至IGBT管c、e极脉冲后沿同步，以确保IGBT管在C极电压最低时导通，从而防止IGBT管过流烧毁。该电路主要由一组电压比较器（LM339）和接在发热盘（线圈）两端的大功率（2W）大阻值（240~330kΩ）五环精密检测电阻等组成。若该电路发生故障，IGBT管极易过热烧毁。该电路故障多数是大功率大阻值检测电阻开路或变值。

3.前置驱动电路故障

前置驱动电路的作用是将驱动IGBT管的脉宽信号进行放大，以保证IGBT管工作在开关状态。该电路通常是由S8050、S8550等构成互补推挽电路。该电路若发生故障，就会造成IGBT管欠激励或过激励。该电路常见故障是15V或18V供电丢失或推挽管之一损坏。

4.LC谐振电路故障

LC谐振电路的作用是通过LC并联谐振，将电容器储存的电场能（由电源提供）转化为发热盘（线圈）中的磁场能，再由锅底转化成热能。该电路由发热盘、谐振电容（0.27μF/1200V或0.3μF/1200V）、IGBT管（不断向谐振电容提供电能）等组成。常见的故障是谐振电容失容或击穿。

5.+300V整流滤波电路故障

该电路作用是将市电整流、滤波成+300V直流电，供给IGBT管C极。该电路主要由20A/400V整流全桥和4~5μF/400V无极滤波电容组成。该电路常见故障是滤波电容失效，导致加至IGBT管C极的脉冲电压过高而使IGBT管击穿。

6.低压+15V或+18V整流滤波电路故障

该电路作用是为同步电路、前置驱动电路、风扇散热电路提供工作电源（九阳牌电磁炉低压电源常为15V，而美的、立帮等品牌常为18V），一旦提供电压丢失或失常，就会导致上述电路无法正常工作而使IGBT管最终损坏。该电路常见故障是整流二极管（有的用2A全桥）引脚因发热量过大而出现裂纹或滤波电容（470μF/25V、220μF/25V）失效。

7.单片机电路故障

单片机MCU是电磁炉的控制中心，其作用是对整个电磁炉的工作状况，各单元电路送来的信息随时进行检测（比如温度检测、过零检测、过/欠压检测、电流检测、锅具检测等），以保证电磁炉正常工作。该电路一旦发生故障（比如晶体振荡器不良导致工作频率失常，MCU接口控制电路被油烟污染或进水受潮或控制按键短路等），均会使单片机无法履行其职责，在需要保护时不能实施保护，从而使IGBT管损坏。

8.温度、电流检测电路故障

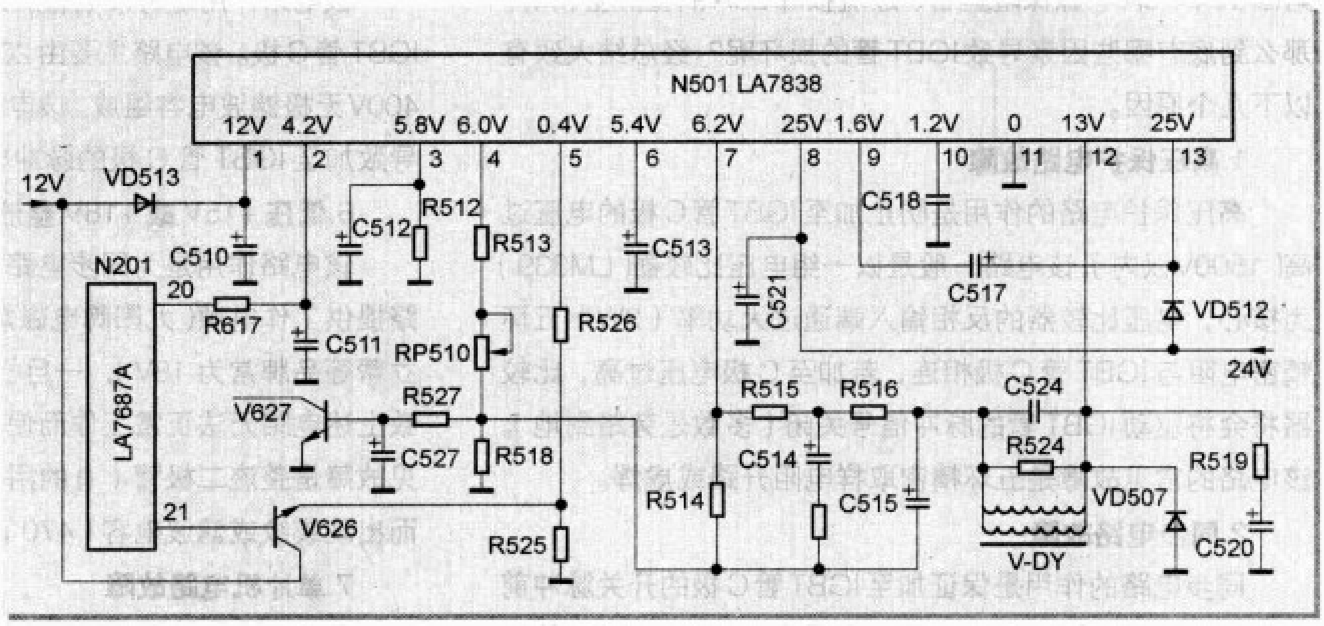
温度检测电路作用是对电磁炉炉面温度及IGBT管工作温度进行实时检测，以防过热损坏。其检测元件均是负温度系数热敏电阻，其检测信息直接送入MCU相关温度检测引脚，一旦过热，MCU马上发出保护指令，令电磁炉停止工作。电流检测电路主要元件是一个电流互感器，其电流互感器初级线圈串联在电磁炉的市电引入线回路中，次级线圈接入取样检测电路，并与MCU过流保护接口端子相连。当

海尔 HS-2980 型彩电水平亮线的检修

○ 文 / 宋海红

一台海尔 HS-2980 **型彩电，开机后伴音正常，屏幕中间出现一条水平亮线。**

分析检修： 根据经验判断是该机的场扫描电路有元件损坏或虚焊、接触不良等。该电视机的场输出电路主要由集成块N501(LA7838)及外围阻容等元件组成，其电路原理如附图所示。打开机壳，直观检查场输出集成块N501周围的元件，并没有发现元件异常及引脚虚焊。接通电源，用万用表的×10或×100挡，红表笔接地，黑表笔去碰触集成块N501的2脚（场振荡脉冲输入端）、3脚（多谐振荡器）、6脚（场锯齿波电压形成端），如果水平亮线没有拉开或跳跃，由此判断集成块N501的6脚之后的电路有问题。接着用表测其各脚电压，发现其7脚工作电压异常，正常电压在6V左右。该脚为交直流负反馈输入端，由12脚输出的电压经场偏转线圈、电容C515、电阻R518到地，场锯齿波电流在电阻R518产生锯齿波电压，其中电阻R518为串联负反馈电阻。场输出直流电压经电阻R516、R515到其7脚，形成直流负反馈。之后，以集成块IC501的7脚为切入点，检查该脚外接元件，发现电阻R518呈开路状态，随用同阻值电阻焊上后，图像正常，故障排除。



IGBT管过流时，电流检测电路会自动将电流控制在IGBT管允许的范围内，当电流超出控制的允许范围时，MCU会发出保护指令，关闭送入IGBT管的驱动脉冲，从而避免IGBT管过流损坏。上述电路常见故障是检测电阻开路、变值或二极管击穿。

9.散热系统故障

该系统包括风扇电机、散热器等，其作用是对IGBT管、整流全桥散热。如果风扇转速变慢甚至停转或风道被堵，就会使上述元器件过热损坏。

10.锅具底部凸凹不平

变形的锅底产生的涡流将不均匀，会使锅底发热不均，从而导致锅底温度传感器检温失常，使MCU不能检测到过高的温度而未能实施保护，使电磁炉继续加热，最终IGBT管因过热而损坏。

顺便指出：风扇电机的内阻一般为15kΩ左右，否则说明有问题。如果发现MCU所在位置（含按键板）的印制板脏污（这是电磁炉的通病），在用酒精清洗干净后，建议用高压硅脂涂敷一层，可起到绝缘和防潮作用，实践证明效果良好。在IGBT管烧毁后，不要立即换新管试机，否则所换新管会再次损坏。建议对照上述原因进行检查，直到找出故障根源。找出故障源后，应更换损坏元器件再试机。为稳妥起见，建议加热线圈盘先不要接入，在电源输入回路中串入一只100W灯泡，正常情况下灯泡应不亮。若灯泡点亮，说明+300V整流、滤波电路或谐振电容有击穿故障，需作进一步检查。若灯泡不亮，再测加至IGBT管C极对地电压，正常情况下应为0.25～0.3V（不同机型有所出入），过高或过低说明谐振电容还有问题。如果正常，再测IGBT管C极的静态电压，正常值应在0V附近。如果异常，说明驱动电路还有问题。只有都正常，才能接入IGBT管和加热盘正式试机。

问与答

WEN YU DA

提问指南

路径1：登录本刊的网站www.radio.com.cn，点开“技术论坛”页面后再进入“家电维修”子论坛，以注册会员的身份发表新帖子；路径2：投送本刊邮箱：radio@radio.com.cn。如果读者不能通过以上路径投送自己的问题，请来信寄到本刊《问与答》栏目，信中最好注明您的联系电话。**(本栏编辑)**

Q 问：如何进入和退出海尔29F9D—PY型彩电的“维修模式”？（浙江 李文哲）

A 答：同时按住彩电面板上的“V－”和“P－”键，屏幕出现英语字符后，就表示进入了维修模式。按菜单键、选择菜单3中的“OUT FACTORY”，再按“V+”键，就可以退出此维修模式。**(汤志成)**

Q 问：AT29128型TCL彩电，最近突然出现图像色彩失真的故障。图像的四周变化最明显，只有中间的图像色彩是正确的，不知何故？（吉林 常海涛）

A 答：根据你的描述，我判断是电视机内部消磁电阻损坏或者是其引脚开焊造成消磁电路失效所致，开机检查该处电路即可排除故障。**(刘福胜)**

Q 问：维修一台面板没有显示的杂牌VCD影碟机，查得其驱动块TOP6352已经损坏，到处买不到此元件，不知有没有可以直接代用的集成电路？（广东 何春）

A 答：TOP6352市场上似乎很难找到，但是它的内部电路、外形结构及各引脚功能都与易得的显示驱动控制集成电路μPD16312完全相同，所以可以用μPD16312直接代换TOP6352。**(汤志成)**

Q 问：有一把手枪式连续脉冲放电型电子点火器，点火火花弱小，常常无法点燃气体或要多次按动开关才能点燃，好像有点碰运气。检查电池电压、电源开关、高压线圈和电池接触等都正常，调换高压电容也无效，怎么排除这种疑难故障？（安徽 姚 敬等）

A 答：除了电池能量不足、电源开关或电池接触不良、高压电容漏电或容量明显减小会造成这种故障之外，还有一个极易被维修人员遗漏的故障原因，就是放电管和放电针之间漏电。由于漏电，使放电高压和电流明显下降，因而打火火花弱，严重时将不能打火。点火器使用日久后，放电管和放电针之间会聚集了较多水分和污垢而产生漏电，只要彻底清除这些污垢和水分，就可排除故障。**(王德沅)**

Q 问：我们经常在维修实践中遇到电视机高压包引线漏电的故障，曾经用过包裹多层胶布、涂敷绝缘胶水等几种方法维修，但是效果都不好，请指教在不换高压包情况下如何解决这种问题？谢谢。（陕西 陈 寅等）

A 答：实践表明，比较实用而彻底的解决方法是：把漏电的高压包引线剪掉，然后找一根完好的高压线，将两者焊接好，再截取一个废高压帽的套杆部分，将高压线连接部位套起来即可解决漏电问题，如果能再涂上些704胶密封，效果就更好。**(王德沅)**

Q 问：一台索尼彩电，原来使用效果很好。最近搬到新居后，发现有许多电视台的收看效果极差，图像不清晰、背景噪声粒子多，有网纹干扰等，然而将彩电搬到另一房间试机却完全正常，由此似乎表明是有线电视信号问题，但是反复检查有线电视的插口插头和相关的连接电缆都正常，这到底是什么原因？（上海 陈 群）

A 答：其实还是电视信号强度太弱的问题。一般是射频电缆插头插座之间接触不良或电缆与插头插座连接不良所致。由于存在接触不良，使送入彩电的电视信号被大大衰减，从而造成所述故障。通常，插头插座之间接触不良较易判断；而电缆与插头插座连接不良就较隐蔽，很容易被忽视，因为通常测量结果是通的就认为没问题，但是只要存在几欧姆的接触电阻就足以造成信号明显衰减。检修时只要测量电缆与插头插座连接的电阻，正常应接近于零，如果测量出有几欧姆以上电阻，就表明接触不良，需要更换或修理连接电缆。**(王德沅)**

Q 问：一台金星25英寸彩电无光无声，经检查发现行逆程电容损坏，调换一个5600pF/2kV的高压磁片电容后，故障被排除。但是第二天开机故障重现，原因还是逆程电容被击穿，查看电路图，发现图中标识逆程电容耐压为1.6kV，为何采用2kV的电容还是要被烧坏呢？（安徽 田乙斌等）

A 答：这种故障较为常见，主要是以下两种原因造成的：(1)逆程电容本身质量不佳。有些厂家生产的高压磁片电容的故障率较高，容易在高电压下被击穿。(2)逆程电压过高，往往是多个逆程电容中有一个或几个失效造成的；此外，主电压过高也会引起逆程电压太高。所以，可检查逆程电容和主电压是否正常，如果都正常，通常只要调换优质的高压电容就能解决问题。**(王德沅)**

问与答
WEN YU DA

提问指南

路径1：登录本刊的网站www.radio.com.cn，点开“技术论坛”页面后再进入“家电维修”子论坛，以注册会员的身份发表新帖子；路径2：投送本刊邮箱：radio@radio.com.cn。如果读者不能通过以上路径投送自己的问题，请来信寄到本刊《问与答》栏目，信中最好注明您的联系电话。**（本栏编辑）**

Q 问：维修显示器的时候，经常遇见行输出管损坏的情况，但显示器的行输出管型号繁多，不能一一备全；用手头的大屏幕彩电行管代用，仍频频发生再次损坏的现象，能否提供合理的应对措施？（四川 吴波）

A 答：电脑显示器的行频要远远高于彩电的行频，即使是大屏幕彩电的行管、虽然功率耐压等参数均较高，但因为特性频率低于8MHz而仍旧难以胜任，这点是可以肯定的。你可以找些通用性较强的如C4769（1500V/7A/60W）、C4125（1500V/10A/70W）和BU2508DF（1500V/8A/125W）等显示器行管代用，以上管子均内含阻尼二极管。**（刘福胜）**

Q 问：LG775FT型显示器行管C5589损坏，请提供电气参数，另外在行输出管集电极电路中，有一只型号为BY359F的管子也损坏，不知其为何用？（河北 杨明利）

A 答：C5589内部不含阻尼二极管，其电气参数为V_{cbo}=1500V、I_{cp}=36A、P_c=200W。BY359F为TO-220封装，在电路中作用为外接阻尼二极管。因电气参数高V_r=1500V、I_f=15.7A，应选用原型号管更换。**（刘福胜）**

Q 问：一台飞利浦背投电视机，开机只听见机内发出细微的叫声。售后服务检查后告知一只STK392-120损坏，这种集成块更换时要成对，即把其旁边的另一只也一起更换掉，且单只价格在270元，是否应该这样？（大庆 张岩松）

A 答：STK392-120系背投电视机的会聚模块，内部集成有3路相同的差分放大器和复合管功率输出电路，当其功率输出部分击穿损坏时，将会引发电源电路短路而无法启动。可用1kΩ挡黑表笔接10脚（供电端）红表笔分别接8、9、11、12、17和18脚测试电阻，正常时应无穷大，若表针转动或者电阻很小，说明其已经损坏应更换。当然，笔者还是头次听说这种模块需要成对更换，查网上报价这种模块单价在50元左右。**（刘福胜）**

Q 问：一台格兰仕电子控制微波炉，使用中突然发出“啪”的一声异响，就像放爆竹。经检查，发现高压保险丝管烧断，调换一个相同规格的保险丝管，开机后又被烧坏。后检查高压电容器，发现电容标称值是1.0μF±3%，而实际测量只有932nF，不知是否因电容容量变小而造成这种故障？（四川 陈同计）

A 答：微波炉高压电容器的额定电压通常为1800～2200V，电容量为0.8～1.2μF，932nF在正常范围内，再说容量减少也不会造成这种故障。引起高压保险丝管烧断的原因大都是磁控管或高压二极管损坏。如果检查高压二极管正常，那么基本上就是磁控管损坏了，常见的是灯丝和外壳间被击穿或漏电。**（王德沅）**

Q 问：一台格兰仕WD750型微波炉不加热，检查发现高压保险丝管（0.7A/5kV）被烧坏，调换一个后又被烧坏，再查高压二极管和电容都是好的，测量磁控管两脚对外壳都是25Ω，不是零，这正常吗？怎么排除此故障？（河南 徐华等）

A 答：对于磁控管灯丝两端的冷态电阻，用万用表R×1挡测，正常小于1Ω(通常为几十mΩ)；灯丝与管壳间电阻：用R×10k挡测，正常为无穷大。你测量灯丝两脚对外壳都是25Ω，表明磁控管灯丝和外壳间被击穿，这样就造成高压短路，从而导致高压保险丝管烧断。对于这种磁控管，可拆开底座修理，只要清除击穿点及其附近的污垢后就可排除故障。但实践表明有的磁控管损坏严重，修复可能比较小，对此就只好换新管了。**（王德沅）**

Q 问：一台康佳彩电的遥控器老是失灵，按动许多键钮都没反应，前段时间将遥控器拆开，把里面的铝箔纸换了个位置后好了几天，但是现在又不行了，换电池也没用，这是何故？有无解决问题的窍门？（辽宁 杨茂盛等）

A 答：这种故障主要是按键开关接触不良所致，而按键开关接触不良通常是开关触点存在污垢或导电橡胶磨损引起的，仅靠换铝箔纸位置只能短期排除故障。较好的办法是用无水酒精彻底擦洗导电橡胶和印制板开关触点。如果还不理想，可再用美术铅笔或2～6B的铅笔涂覆导电橡胶的触点（触头）。当然，如果导电橡胶触点磨损严重，那就应该换新了。**（王德沅）**

问与答

WEN YU DA

提问指南

路径1：登录本刊的网站www.radio.com.cn，点开“技术论坛”页面后再进入“家电维修”子论坛，以注册会员的身份发表新帖子；路径2：投送本刊邮箱：radio@radio.com.cn。如果读者不能通过以上路径投送自己的问题，请来信寄到本刊《问与答》栏目，信中最好注明您的联系电话。**（本栏编辑）**

Q 问：笔者手头积攒了一些笔记本电脑失效的电池块，不知还有没有利用价值？

（辽宁 杜兵）

A 答：其实笔记本电池块失效并不意味着内部的电芯全都失效，这只是个别电芯失效而已。早期笔记本电芯编号以18650和17670居多，其外形比普通的5号电池略大一些，单体电压在3.7V、电流在2200mAh以上。若空间容许可以装入到收音机和各种模型玩具中，也可以利用手机的4.2V充电器对其充电，实际使用效果较好。

（刘福胜）

Q 问：一台索尼S29MH1型彩电，开机后出现无光无声现象，该机指示灯亮，有时开机可见屏幕瞬间出现一条亮光，有时开机则完全正常，测量电源各输出电压，均正常，检查行扫描电路也没发现问题，不知何故？如何排除？

（湖北 樊志经等）

A 答：维修实践表明，这种故障主要是行场扫描电路和电源等部分存在虚焊点。彩电长期使用后，其印制板的有些焊点，特别是一些发热较严重的元器件焊点，极易老化而形成脱焊、虚焊，其中场输出集成电路，行输出部分，三端稳压集成块，中放部分等的虚焊较为多见。对此故障，可先检查发热量较大的元件及其周围的焊点，重点是行场扫描和电源部分，如无问题，再查其他焊点。有些虚焊焊点较隐蔽，必要时可借助放大镜查看。

（王德沅）

Q 问：一台松下2186型彩电，开机时能听到细微且间断的鸣叫声，测量113V主电压只有20V左右，因该机电路复杂。不知该从何入手？

（吉林 肖冰）

A 答：松下21英寸彩电在使用年限超过10年之后，极易出现上述故障，一般都是电源厚模块STR50213内部变质或者是行输出管2SD1541软击穿，而其他部位出现故障的概率较小，为了保险起见应先测量行输出管或者将两者一并更换。

（刘福胜）

Q 问：一个雷电牌128M的U盘插入电脑USB插口后，电脑不能识别，拆卸检查，发现晶体振荡器的一个引脚断裂，由于是齐根断裂，所以难以焊接，准备更换，但是该元件外壳的标注已经看不清，请问该用何种晶体振荡器代换？

（广东 苏富海等）

A 答：雷电牌128M的U盘采用频率为12.000MHz的圆柱形晶体，可以采用相同规格和外形的晶体振荡器（SD12.000）直接代换。如果购不到这种晶体振荡器，也可用频率为12.000MHz的其他晶体振荡器代换，通常只要能安装进机壳内即可，如果有废旧U盘，只要晶体振荡器的频率规格相同，一般也都可代换，就是贴片式晶体振荡器也一样。

（王德沅）

武汉市中夏无线电厂（电子教学套件供应）

全新推出全国普及型教育机器人(与国家课改<通用技术>课本完全配套)同时推出足球机器人及新款六管收音机套件

我厂是一家专业从事教学用电子器材研究、开发、生产的厂家，是以生产中小学电子劳技课、大专院校电子电工实习配套器材为主的全国较知名的无线电厂家。常年办理邮购业务并备有大量现货，产品实行三包，重质量、讲信誉、守合同。下列套件包括电原理图、组装说明、塑料外壳、电子元件、螺丝等。**一、套件类**：单价(元)1、Z × 2054六管收音机；2、S66E六管收音机12.1；3、ZX05集成电路调频调幅收音机22；4、ZX878C六管收音机14.3；5、ZX2045七管收音机15；6、ZX2011收音机17；7、SCB04收音机助听器17.6；8、ZX619六管收音机16.5；9、ZX620集成电路调频调幅台式收音机25；10、ZX623中短波收音机22；11、ZX921八管收音机18.7；12、ZX2028调频收音机对讲机27.5；13、ZX2008微型一装响收音机8；14、ZX2031贴片元件调频微型收音机15.4；15、ZX2018直流稳压电源充电器27.5；16、ZX2005直流稳压／充电电源27.5；17、ZX2004亚超声遥控开关13.2；18、SGK10声光控延时开关11；19、ZX2027灯头型声光控延时开关9；20、ZX2000C磁带放音机24；21、WXHT02调频无线话筒10；22、ZX2024功率放大板18；23、ZX2036功率放大器48；24、ZX2035型5.5英寸黑白电视机150；25、9901型四道遥控赛车66；26、YKMLII遥控门铃24.2；27、ZX2019普通音乐门铃6；28、ZX2039多功能防盗报警器13.2；29、ZX2029面包电话机29；30、KSZB19快速制版机1300；31、KSFS2020快速腐蚀机320；32、DT830B数字万用表19；33、ZX2032数字电子钟45；**二、机器人类**：1、ZX2013 型简易机器人58；2、ZX2015跳舞机器人280；3、ZX2017-I、II、III教育机器人分别为128、228、760；4、足球机器人2380；5、超声波测距卡280；6、复眼260；7、足球380；8、指南针380.三、**电池盒类**：共有33个品种（见网站），提供各种电池弹簧、电池极片。**四、其他配套类**：供应各种杂电子元件35元／公斤（大元件）、70元／公斤（小元件）、工具、仪表、练习用焊接电路板等。邮费：100元以下收10元，100元以上按总价值的10%，邮购时务必将字写端正，以免误投，量大从优。寻求各地代理商！详细资料发信息索取每份3元！

厂址：湖北省武汉市武昌区民主路717号武汉市中夏无线电厂 王义汉（收） **邮编：430071** **传真：027-87127226**

电话：027-87338647 87366226 62518832 http://www.zxradio.com.cn 或中夏 E-mail:wangyh@zxradio.com.cn

问与答

WEN YU DA

提问指南

路径1：登录本刊的网站www.radio.com.cn，点开“技术论坛”页面后再进入“家电维修”子论坛，以注册会员的身份发表新帖子；路径2：投送本刊邮箱：radio@radio.com.cn。如果读者不能通过以上路径投送自己的问题，请来信寄到本刊《问与答》栏目，信中最好注明您的联系电话。**（本栏编辑）**

Q 问：一台数源牌T21Y55型彩电的遥控功能全部失灵，检查遥控发射器没有问题，电视机面板按键功能全部良好，不知是遥控接收器还是微处理器8853CPNG等元件损坏，如何判断和排除故障？（上海 张安清）

A 答：检修这种故障时，可以用遥控器对准接收器，然后按动遥控器按键，看遥控接收头的输出脚电压有没有反应。如果始终为零或接近于零，则断开接收头的输出端，看CPU端有无1V左右的电压。如果有，接上后就变零，说明接收头有故障，可调换新件或拆开接收器维修。如果CPU端没有1V左右的电压，而且遥控接收头的输出脚电压有反应，那么大都是微处理器坏了。**（王德沅）**

Q 问：TCL2966G彩电出现一条水平亮线但声音正常的故障，因无图纸不知该如何修理？（辽宁 张玉彬）

A 答：在该机中，因场扫描芯片TA8427K损坏，而引发水平亮线的故障并不多见，一般都是场扫描电路28V电力供给部分有器件损坏，使场扫描电路失去工作电压。从维修多台该型彩电的实例中发现行输出变压器7脚支路中的R431（1Ω）保险电阻易断路，更换即可修复电视机。**（刘福胜）**

Q 问：有一台上广电D2170型彩电发生图像偏绿故障，该机主芯片采用LA76810单片集成电路，微处理器为LC863332A 5Z59，换上空存储器后，L波段无台，音量失调，也有偏色，请问是否总线故障？如何进行调整？（无锡 苏严新）

A 答：这种故障主要是总线数据失调引起的。这类彩电进入总线调整的步骤如下：（1）按一下遥控器的返回键；（2）按住电视机上音量“—”键不放，再按遥控器返回键就能进入总线调整状态。然后选择总线菜单和调整项，再选择G-DRV（绿驱动）或G-BIA（绿偏压），调整其数值（按音量加减），直至偏色现象消失即可。**（王德沅）**

Q 问：我家的一台电热锅使用多年一直正常，最近发现当我接触内锅时有麻手感觉，这种现象是否说明电热锅有漏电？有无危险？如何解决？（上海 谷宁阳等）

A 答：电热锅正常时，人体接触内锅时不应有麻手感，如果有，说明很可能已经产生漏电故障，应该及时修复，以防发生触电事故。漏电故障原因及其修理方法如下：（1）电热锅曾经在修理时接错电源线。对此可检查内部接线，通常黄、绿两色电线应接地，并且内部连地线要可靠、无断裂或插套脱落现象，如果不是，应该纠正或重新连接牢靠。（2）汤水流入锅内，使元件或电线接头间的绝缘电阻下降而产生漏电。解决方法是清除锅内的汤水和污垢，如有元件或接头被烧焦碳化，要彻底清除碳化物，损坏较严重的元件则必须换新。另外，电热锅的电源插座需要有良好的接地线。**（王德沅）**

Q 问：长虹2916FN型彩电出现水平亮线的故障，查供电支路中R430（1Ω）断路，更换后开机故障依旧，再查发现高频整流管D430又击穿，测场扫描块LA7838并无明显短路，不知何故？（大庆 宫燕辉）

A 答：仅凭万用表来判断芯片是否损坏并不可靠，对该机故障维修建议是换新场扫描芯片，并更换其9脚的升压电解电容C308（100μF/35V）和场输出电解电容，同时再恢复供电支路中R430和D430即可快速修复彩电。**（刘福胜）**

Q 问：维修经验表明，电磁灶的故障大多是IGBT（开关）功率管烧坏所致，有的电磁灶修复没多久就又被烧坏，能否介绍避免功率管损坏的较好措施？谢谢！（河北 尚行）

A 答：首先需要保证新换功率管的质量良好，应该购买优质正牌产品。其次，在维修中可以采取下面几项措施：（1）要保证大功率三极管、大功率电阻和大电容焊接牢靠，对有怀疑的元件必须重新焊接牢靠。（2）保证机内接插件的接触可靠，有怀疑时应拆开清洗后再插紧接插件。（3）将散热器上的温度传感器改装在大功率管的C极紧固螺丝上，这样可使其过热切换动作快速可靠，保护管子不被烧坏。此外，还可考虑在功率管基极中串联一个2A保险丝管，以避免因驱动电路故障而导致功率管损坏。**（王德沅）**

问与答

WEN YU DA

提问指南

路径1：登录本刊的网站www.radio.com.cn，点开“技术论坛”页面后再进入“家电维修”子论坛，以注册会员的身份发表新帖子；**路径2**：投送本刊邮箱：radio@radio.com.cn。如果读者不能通过以上路径投送自己的问题，请来信寄到本刊《问与答》栏目，信中最好注明您的联系电话。**（本栏编辑）**

Q 问：索尼KV－AR29M80A彩电收看中突然熄灭，再次通电瞬间有高压启动的声音，指示灯闪烁两下即熄灭，并始终处于上述循环的显示状态，查行输出管D2578内部完全击穿，不敢贸然更换，请问该如何修理？（大庆 王跃龙）

A 答：行输出管损坏原因多样。对该机而言可仔细检查行推动变压器和行输出变压器是否有开焊的地方，建议补焊后更换行输出管。D2578的技术参数是V_{cbo}=1500V、I_c=8A、P_c=60W，内含阻尼管，可用易购的D1556、C5296等代换。另外在通电前，还要检查135V主电源到行输出变压器支路中的1Ω保险电阻是否断路，对地电阻值是否合适，若无异常即可通电试机。**（刘福胜）**

Q 问：我的照相机闪光灯的振荡管损坏，请问如何代换？（南京 闵玲）

A 答：照相机振荡管使用分两种情况：①储能电解电容容量大于200μF/330V，电源电压为3V时，要求振荡管的参数为：$I_{CM}\geqslant$3A、$P_{CM}\geqslant$1W、$BV_{CEO}\geqslant$10V，可用2SD879、2SD1513、2SC614、2SC615直接代换。②储能电解电容容量大于200μF/330V、电源电压为6V时，要求振荡管的参数为：$I_{CM}>$4A、$P_{CM}>$1W、$BV_{CEO}>$20V，可用2SC2500、2SC2270、2SD1162、2SD667、2SD2703、2SC2910直接代换。**（倪耀成）**

Q 问：一台格兰仕黑金刚系列微波炉出现不加热的故障，经查发现炉盘会转动，高压变压器、高压保险丝、高压二极管和电容均正常，高压绕组也有高压输出。拆下磁控管检查，发现灯丝是导通的，灯丝与外壳绝缘良好，后来试换一个新的磁控管，加热功能就恢复正常了。这是磁控管老化还是其他问题，原来的磁控管还有用吗？（浙江 张广辉）

A 答：如果磁控管灯丝没有接触不良故障，那么这种故障大都是磁控管损坏或高压保险丝管接触不良造成的。检修时，可先检查高压保险丝管与底座间的接触是否良好，如果接触不良，只要重新使其接触良好就能排除故障；如果正常，说明磁控管已经损坏，应该调换新管。出现这种故障的磁控管通常是没有使用价值的。**（王德沅）**

Q 问：长虹C2153型彩电，开机在屏幕中间出现约10cm宽的水平亮带，能看到压缩畸变的图像。另外，该机还存在每次开机声音正常，但图像总是要等4分钟之后才能显示，不知该如何修理？

（吉林 彭海军）

A 答：你叙述的这两种故障，其实都与该机中的电解电容有关，这也是长虹老款彩电的共性故障。建议把场扫描芯片LA7837电路部分中的电解电容全部更换：有C451（470μF/16V）、C455（1μF/25V）、C456（100μF/35V）、C461（10μF/50V）、C462（1000μF/25V）。而要排除图像显示慢的毛病可以更换190V供电支路中的滤波电解电容C562（22μF/250V）。**（刘福胜）**

Q 问：我们在维修各种彩电时，常常碰到刚开机时图像模糊，但是过一会儿图像就慢慢清晰，这种故障大多是显像管管座漏电所致，调换管座后就可恢复正常。但是有些电视机修复后不久就又损坏了，而且故障更严重，还会损坏一些元器件，甚至导致无光无声等，这到底是什么原因？（苏州 孙克林）

A 答：这种故障的隐蔽性较强，其实大都是维修人员粗心大意所致，维修实践中经常会遇到。它的发生与调换管座本身无关，主要是调换管座后，忘记插接好显像管接地线，使其一端空置，结果造成高压放电，如果接地线靠近印制板上的集成电路、晶体管等元件，就会使这些元器件损坏。所以调换管座时，如果为了便于操作而拔出了显像管接地线，那么维修完毕，千万要记住接好显像管接地线，否则很可能会损坏晶体管等元件，甚至会导致微处理器或显像管等贵重元器件报废。**（王德沅）**

Q 问：据说现在有不少彩电采用了双聚焦显像管座，请问现在常用的双聚焦管座都是几个引脚的，能否用普通单聚焦管座代换？

（山西 宋生贵）

A 答：双聚焦管座以9脚居多，管座的三角形区域就是聚焦插孔，双聚焦有2个插孔，聚焦高压引线有采用焊接的，也有采用插接形式的。通常不同品牌彩电所使用的双聚焦管座大多不一样，通用性差，所以代换时一般要用原来的配件或相似的产品。通常，普通单聚焦管座也是不能直接代换双聚焦管座的。**（王德沅）**

提问指南

路径1：登录本刊的网站www.radio.com.cn，点开“技术论坛”页面后再进入“家电维修”子论坛，以注册会员的身份发表新帖子；路径2：投送本刊邮箱：radio@radio.com.cn。如果读者不能通过以上路径投送自己的问题，请来信寄到本刊《问与答》栏目，信中最好注明您的联系电话。 **（本栏编辑）**

Q 问：维修一台微波炉时，发现机内的高压电容器有4根引脚，不知它们与两条引脚的电容器有何区别？泄放电阻是否在其内部？怎样正确使用？ （黑龙江 刘海盎）

A 答：一般微波炉所用的高压电容器大都是两个引脚的，其中包含了泄放电阻，电容器的额定工作电压通常为1800~2200V，电容量在0.8μF~1.2μF，与电容器并接的泄放电阻一般为10~12MΩ的高阻电阻，其作用是在关机后自动泄放电容器上的电荷。4个引脚的微波炉电容很少见，大多是将电容和电阻（或二极管）分别引出而成。如果吃不准，可以用万用表测量、判断出4个引脚对应的元件。微波炉的高压电容器，只要主要特性参数相同或相似，外形尺寸不影响安装，一般都可相互代换。 **（王德沅）**

Q 问：随着数码相机价格的不断走低，想入手一台家用级别相机，但除了像素之外，不知道在选购上还应该注意什么？ （辽宁 张婷）

A 答：数码相机的选购要点：相机及镜头要以知名品牌为主，图像传感器尺寸越大越好。如果不搞专业摄影可以买普通数码相机（专业或者营业类应选择单反相机DSLR）为宜。使用频次高的宜选择5号电池供电的相机，配备多套充电电池可以保证相机的连续拍摄。

（刘福胜）

Q 问：一款采用炬力ATJ2085主芯片方案的小贝贝MP3播放器，使用情况一直正常，但是最近外出公差一段时间没有使用，回家后发现不能播放歌曲了，开机就显示starting……所有按键都失效，检查电量充足，不知何故，怎么解决？ （广东 宋亿铭）

A 答：造成这种故障的原因通常有两种：一是软件出问题，一般重刷固件即可排除故障；另一就是闪存（FLASH）引脚虚焊，通常补焊闪存引脚便可；实践表明以后者较多见。因为很多MP3播放器的锂电池都是用双面胶粘固在闪存上的，这样播放器受到震动或摔跌后，容易引起闪存引脚脱焊，从而造成这种故障。检修时，通常可先检查闪存引脚是否脱焊。如果没问题，再考虑刷新固件，注意一定要用相同型号的固件。机型为炬力主控方案（ATJ2075/2085/2051/2091）的播放器一般都可用这种方法进行检修。 **（王德沅）**

Q 问：两年前购买了8节5号和7号的充电电池，因一直闲置，最近使用发现，显示充满电后却无法持续供电，反复充电或者参照书上的方法用大电流充电仍然无济于事，请问是否还能恢复正常使用？

（吉林 苏骄阳）

A 答：充电电池的使用和保养尤为重要，无论何种充电电池，放电与充电的过程均是电池内部化学能与电能之间的循环转换，其使用寿命也就是充电次数平均在700次左右。充电电池有个致命的缺陷就是不能长期搁置，即使不用也要定期（一般在1个月）做充电放电保养，以保证电池的续航能力。对于两年都没有做过保养的电池，再被激活的可能性不大，自然也不能提供充足的电力。 **（刘福胜）**

Q 问：一台牡丹CT54F1P-G型彩电发生字符不显示故障，但图像和伴音都正常。多次检查字符显示电路都找不到故障原因，请指教，谢谢。

（云南 李刚）

A 答：这种故障通常都是字符显示电路引起的，检查相关电路和元器件应该可以较快找到问题所在。维修实践表明，其中微处理器TMP47C837N的字符显示振荡电路28、29脚外接的L907内附电容漏电较为多见，而一般检查较难判断，故容易忽视或漏过，实际上只要测量28、29脚的电压明显低于正常值4.8V就可基本确认。取同一型号的振荡线圈代换即可使字符显示正常，用同规格振荡线圈代替L907，或调换其中漏电的电容，都能排除此故障。 **（王德沅）**

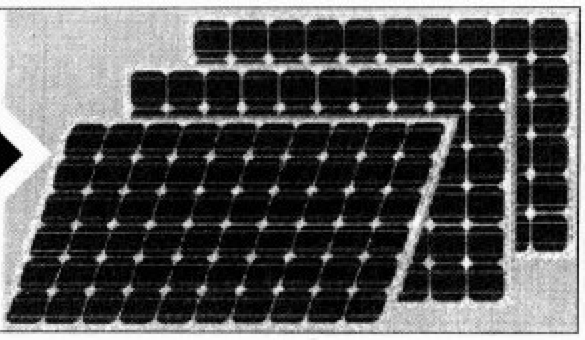
Q 问：东芝29VF7UC型彩电，最近出现图像发暗且色彩淡的故障，尤其是红色更是失去了原先的艳丽感。调整色饱和度和其他的模拟量均无改变，进入总线调副彩色等参数亦无改善。苦于无维修资料，不知该怎样修理？

（哈尔滨 薛鹏宇）

A 答：此类故障可以说是数码彩电或者是倍频彩电容易出现的故障，一般都是数字处理电路俗称数字板中的大规模多引脚芯片出现开焊或者数码盒内部的电解电容等元件变质所致。在该机主板的后侧有一块代号S01的数字电路板（独立的盒子），其内部208脚的大IC芯片因开焊引发的毛病最多，但鉴于引脚密度和技术要求的缘故，请维修时谨慎处置防止故障扩散。

（刘福胜）

有趣的太阳能电池



文/门 宏

太阳能是取之不尽、用之不竭的绿色环保能源，在应对全球气候变暖、保护地球家园的行动中受到人们越来越多的关注和重视，充分利用太阳能有利于保持人与自然的和谐相处。利用太阳能电池将太阳光能转变为电能，是太阳能应用的一个重要方式。

一、什么是太阳能电池

太阳能电池也叫光电池，是一种能将光能直接转换成电能的半导体光电器件。

根据所用材料的不同，太阳能电池可分为硅太阳能电池、多元化合物太阳能电池、聚合物太阳能电池和纳米晶太阳能电池等4大类。目前应用广泛的是硅太阳能电池，也叫硅光电池。

硅太阳能电池包括单晶硅太阳能电池、多晶硅太阳能电池和非晶硅太阳能电池3种。单晶硅太阳能电池的光电转换效率可达15%～20%，这是目前所有品种的太阳能电池中光电转换效率最高的，而且生产技术成熟，使用寿命长。但单晶硅太阳能电池制造成本大，价格高。

多晶硅太阳能电池的光电转换效率为10%～15%，低于单晶硅太阳能电池而高于非晶硅太阳能电池，由于其生产成本较低，价格比单晶硅太阳能电池便宜一些。多晶硅太阳能电池的使用寿命也低于单晶硅太阳能电池。

非晶硅太阳能电池具有工艺简化、成本低廉等特点，有着极大的潜力。但目前的非晶硅太阳能电池光电转换效率偏低，一般不超过10%，且不够稳定，直接影响了它的实际应用，有待于进一步研发和改进。

利用太阳能电池获取电源具有无污染、无噪音、无需燃料、可靠性好、使用寿命长、应用灵活、维护方便等优点，正得到越来越广泛的应用。

单个太阳能电池由于所产生的电能很小，一般不能直接作为电源使用。实际应用中通常是将几片、几十片甚至更多的太阳能电池串并联起来，组成太阳能电池板或太阳能电池方阵（图1），以获得足够大的电能。组成太阳能电池板或太阳能电池方阵的太阳能电池数量越多、面积越大，在相同光照条件下的输出功率也越大。

二、太阳能电池的工作原理

太阳能电池是基于半导体PN结的光生伏打效应原理工作的。所谓光生伏打效应是指当物体受到光的照射时，物体的内部就会产生电动势的现象。太阳能电池实质上就是一个半导体PN结，不过这个PN结要比半导体二极管中的PN结大得多。

当光照射到太阳能电池表面时，产生新的电子－空穴对，在PN结电场的作用下，带正电的空穴流向P型半导体区域，带负电的电子流向N型半导体区域，如图2所示。这一作用的结果是，在P型半导体区域累积了大量带正电的空穴，使P区带正电；在N型半导体区域累积了大量带负电的电子，使N区带负电；在P区和N区之间就

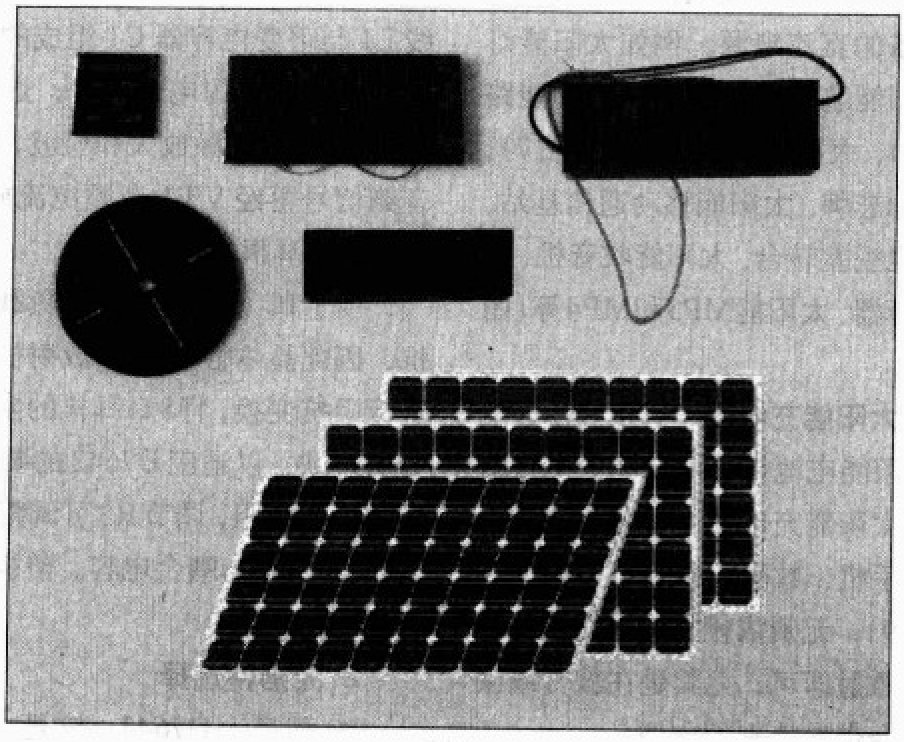


图1

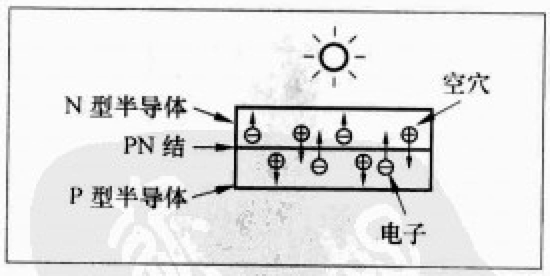


图2

图3

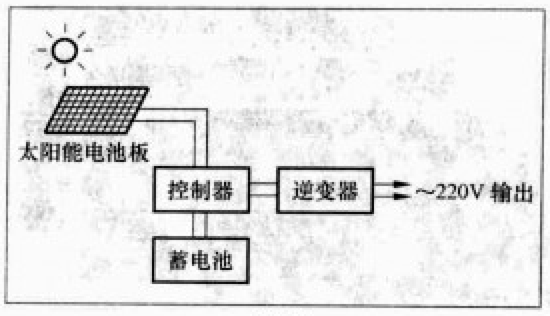


图 4

产生了电动势。当将P区和N区之间用外电路连接起来时，便有电流流过负载，如图3所示。

三、太阳能电池的参数

太阳能电池的主要参数是开路电压和短路电流。

开路电压U_{OC}，是指在规定光照条件下，太阳能电池正、负极之间开路时所呈现的电压。开路电压等于PN结两端在光照射下产生的电动势。一般单个硅太阳能电池的开路电压为0.5V左右。

短路电流I_{SR}，是指在规定光照条件下，将太阳能电池正、负极之间短路时所流过的电流。短路电流的大小与入射光的强度和太阳能电池的受光面积成正比，通常为毫安（mA）级。

四、太阳能电池的应用

太阳能电池的独特优点和诱人前景，使得其应用受到多方面的关注，应用范围越来越广泛。目前，太阳能电池的应用已从航天领域和军事领域，进入到工业、农业、通信、家电、交通和公用设施等领域，特别是在深山、海岛、沙漠和边远地区，太阳能电池更是具有不可替代的优势。

图 5

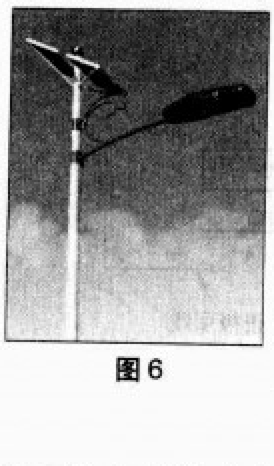


图 6

图 7

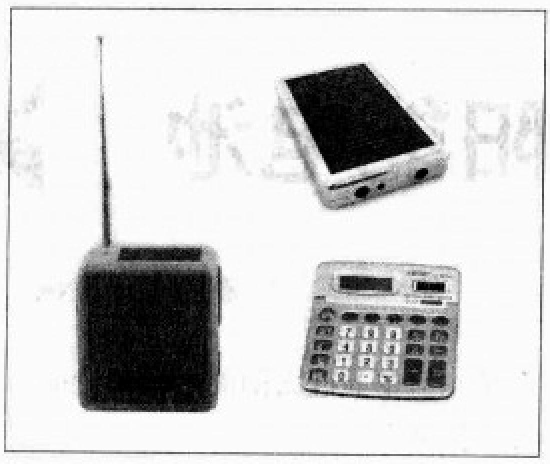


图 8

太阳能电池的应用主要包括作为电源和作为传感器两个方面。

1. 太阳能发电站

太阳能发电站由太阳能电池板、蓄电池、控制器和逆变器等组成，如图4所示。太阳能电池板将太阳光能转换为直流电能，再通过逆变器转换为220V的交流电源输入电网。蓄电池在阳光充足时储存太阳能电池板产生的电能，在黑夜或阴雨天时向逆变器供应电能，以保持输出的交流220V电源不中断。整个系统在控制器的控制下运行。

2. 太阳能电源

太阳能电池板可以直接作为某些电器设备的直流电源。例如太阳能灯塔、太阳能航标灯（图5)、太阳能路灯（图6)、太阳能交通信号灯（图7)、太阳能标志牌、太阳能移动通信基站、太阳能电视差转台、太阳能收音机、太阳能计算器、太阳能MP3和MP4等（图8)。

3. 太阳能充电器

太阳能电池板可以与充电电路结合组成太阳能充电器。利用太阳能充电器为手机、数码相机等可充电池充电（图9)，无须依赖交流电源，只要有阳光照射即可，尤其是在旅行或旅游途中会带来特别的方便。

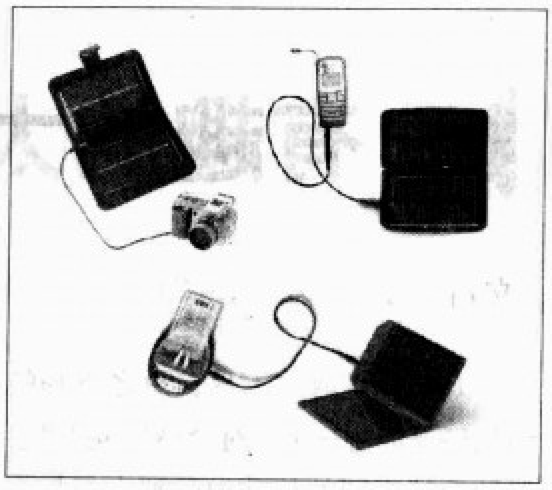


图 9

4. 太阳能传感器

太阳能电池可以作为光传感器，应用于光控、遥控和自动控制电路中。由于太阳能电池在光照下能够产生电能，因此用太阳能电池构成的控制电路可以做到待机零功耗。

五、制作太阳能收音机

为了帮助读者朋友更好地掌握和应用太阳能电池，下面介绍一个应用太阳能电池作电源的收音机制作实例。该收音机采用专用集成电路和微型元器件，因此体积很小，仅有一只简易打火机大小，适合随身携带，在阳光下甚至灯光下都可以有效收听。

1. 太阳能收音机电路原理

太阳能收音机电路如图10所示，可以收听535～1605kHz的中波调幅广播。电路工作原理如图11所示，无线电波被磁性天线L1接收后，由磁性天线L1与可变电容器C1组成的调谐回路选出所需要的电台信号，送入集成电路IC进行高频放大和检波，输出的音频信号再经VT1音频电流放大后，驱动8Ω耳机发声。

由于IC（D7642）要求负载为高阻抗，因此晶体管VT1构成射极跟随器进行阻抗变换，将8Ω耳机的阻抗变换为数百欧，以适应D7642的要求。R3是其偏置电阻，调节R3可调整VT1的工作点。C4为耦合电容。整机采用太阳能电池供电。

2. 元器件选择

IC型号为D7642，这是一种直接

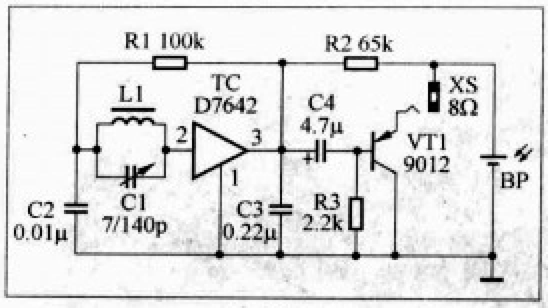


图10

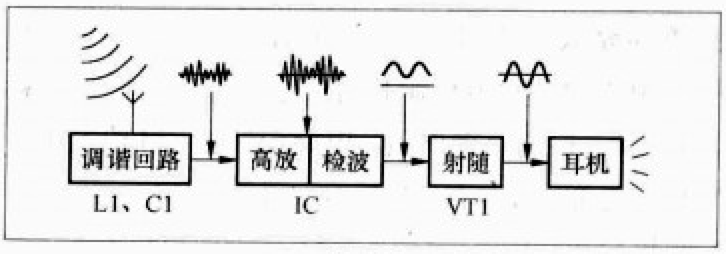


图11

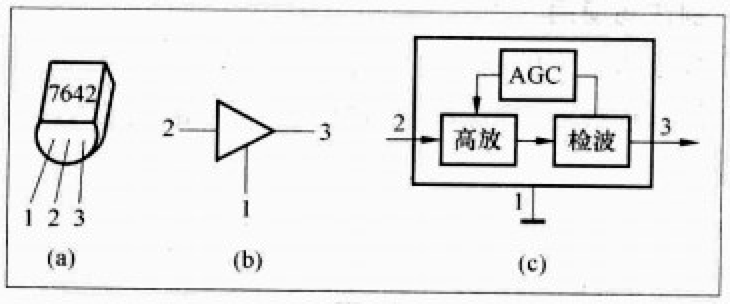


图12

放大检波式收音机专用集成电路，内部包括多级高频放大器、检波器和自动音量控制电路（AGC），其外形像一只塑封小功率晶体管，共有3个引脚：1脚为公共接地端，2脚为输入端，3脚为输出端，如图12所示。D7642具有输入阻抗高、增益大、耗电省、外围元件少、电路无需调试的特点，非常适用于微型收音机。

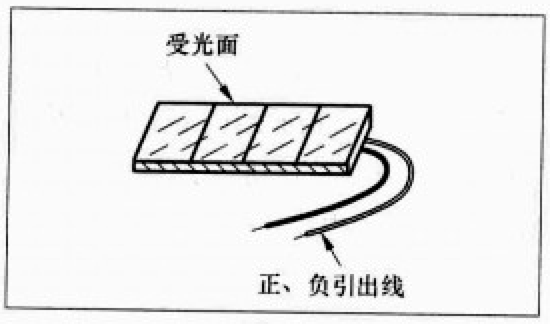


图13

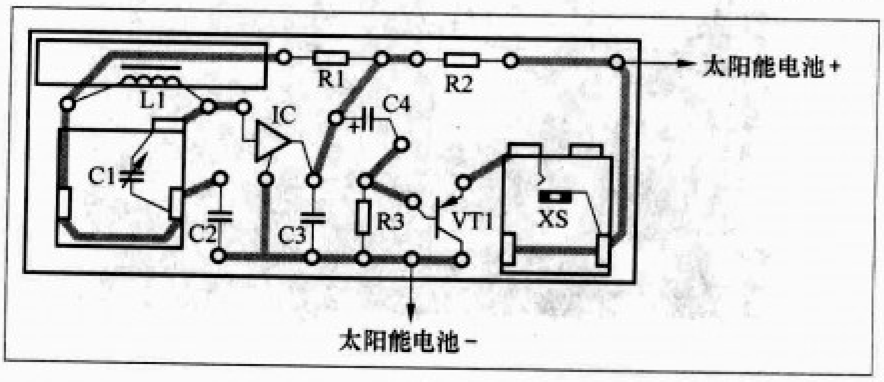


图14

太阳能电池采用10mm × 35mm大小的太阳能电池板，它实际上是由4片太阳能电池串联构成，开路电压约为2V，短路电流约为10mA，背面有正负引出线，如图13所示。

VT1选用PNP型晶体管9012，其余元器件见图10。

3. 制作与调试

太阳能收音机电路板如图14所示，用25mm × 60mm的单面敷铜板制成，并钻好各元器件的安装孔。

磁性天线需自己绕制，方法是：选取一根直径5mm、长25mm的磁棒，用直径0.15mm左右的高强度漆包线，在磁棒上密绕90圈左右，用胶将起始线头固定住，不使其散脱。因为磁性天线线圈的圈数最终是由调整决定，所以线圈绕好后暂时不要永久性固定。

安装焊接时，磁性天线L1暂不固定，仅将其两根引线接入电路板。为便于调整工作点，电阻R3暂时不接。

调试时，8Ω耳机插入插座XS，太阳能电池板置于阳光下。首先调整晶体管工作点，将万用表置直流“10mA”挡，按图15所示串入VT1集电极回路。用一100kΩ电位器串接1个10kΩ电阻后，临时接入R3位置，调整电位器使万用表读数为3mA。测出电位器与10kΩ电阻的总阻值，换上相同阻值的电阻即可。

接下来调整频率刻度，如图16所示，将调谐旋钮固定到可变电容器的旋轴上，收听一个电台，

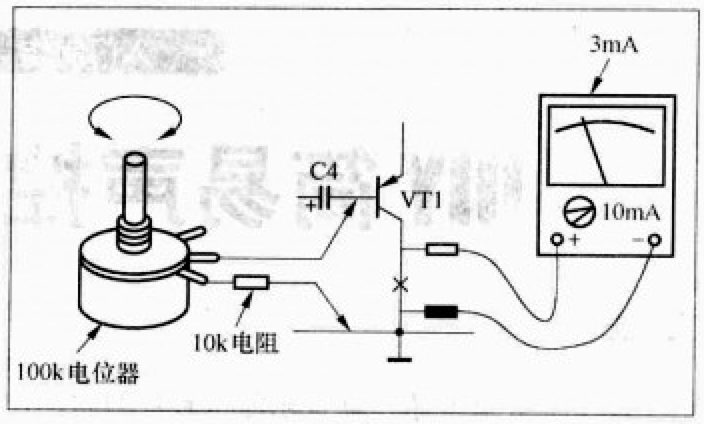


图15

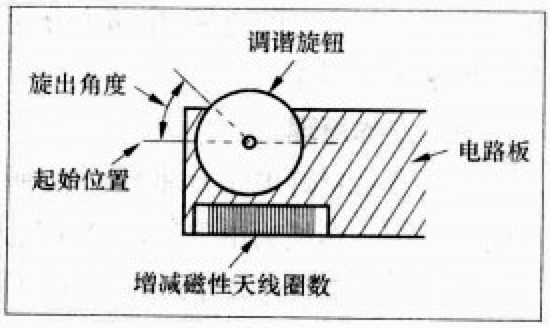


图16

用一架成品收音机做参考，看调谐旋钮旋出的角度。以535kHz处为起始位置，如调谐旋钮旋出的角度小于成品收音机的，则应将磁性天线线圈再增绕几圈；如调谐旋钮旋出的角度大于成品收音机的，则应将磁性天线线圈拆去几圈。最后用玻璃胶将磁性天线线圈封固，并将整个磁性天线粘牢在电路板上。

机壳可用塑料板自制，也可利用现有的塑料小盒，大小以正好能放下电路板为宜。在机壳正面开一半圆形调台指示窗口，在机壳右侧面开出调谐旋钮孔和耳机插孔。太阳能电池板固定在机壳表面，其正、负极引线穿过机壳上的开孔与电路板相连接。图17所示为制作完成的太阳能收音机外形。

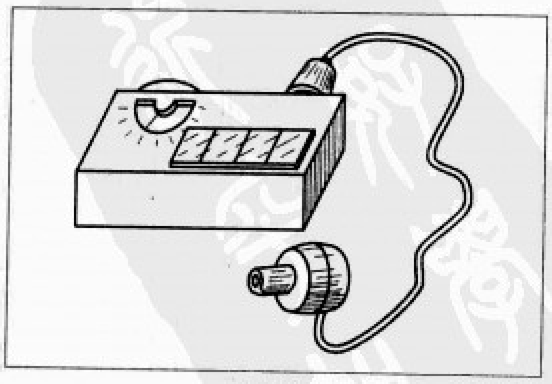
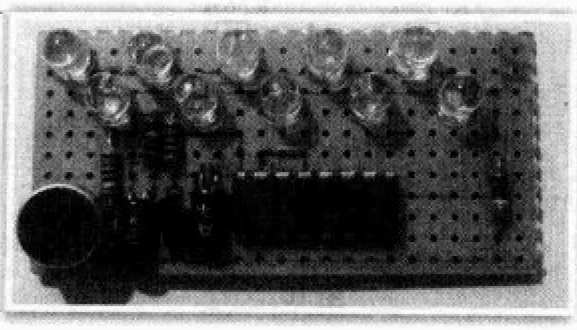


图17

入门制作

DIY 简易声控流水彩灯



文/任 杰

本文向大家介绍一款音乐流水彩灯的制作，把制作好的流水灯放在音源附近，10个彩色LED会随着音乐的强弱变化改变循环发光的速率。电路十分简单，很适合初学者在多孔板上进行制作。

一、工作原理

音乐流水彩灯电路原理图如图1所示。驻极体话筒将拾取的声音信号转换为电信号，经VT放大后直接送入十进制计数器CD4017的计数输入端，使得输出端Q_0~Q_9依次输出高电平，10个LED依次点亮。输入端接收到的是未经整形的模拟信号，所以CD4017计数脉冲变化速率受控于输入端信号强度的变化，从而使10个彩色LED的循环发光速率随音乐信号的强弱变化而变化。

电路在6V~12V时，只需适当改变R4的阻值，均可正常工作。笔者在这里用的是9V层叠电池，R4选用390Ω。改变R1的阻值可以改变驻极体话筒的灵敏度，笔者在这里选用的R1为20kΩ。此外，本电路也可以通过触发双向晶闸管来控制白炽彩灯，只需将10个LED换成晶闸管触发电路。晶闸管的型号由灯泡功率确定，当每组彩灯为100W左右时，可选用MAC97A6。

二、元器件选择

该电路中10个LED可根据个人喜好选用不同颜色的高亮度发光二极管；VT选用9011、9014等型号的小功率三极管，放大倍数尽量大一些；R1可根据具体要求确定阻值，也可以用1个100 kΩ的可调电阻代替，通过调节可调电阻来改变声控灵敏度。根据笔者试验，电源6V时，R4选270Ω左右，9V时，选390Ω左右，12V时，510Ω左右。其余元件无特殊要求。

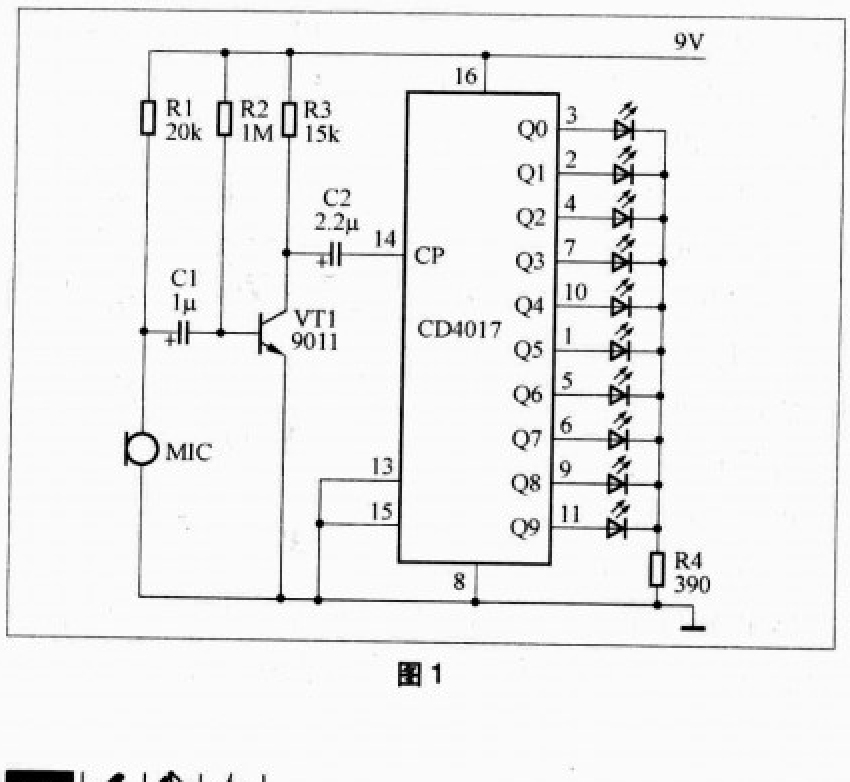


图1

三、制作与使用

该声控流水彩灯的制作可分为以下三步：在多孔板上画元件布局与连线图，焊接控制与执行部分电路，连接控制与执行部分。

首先，要确定所用多孔板的大小，在这里，多孔板的大小主要由10个LED的排列方式决定。笔者制作时裁取了23×11孔的多孔板，尺寸大约为6cm×3cm。在裁取多孔板时，可以先用笔画出所需的尺寸大小（线应画在多孔板的打孔处），再用小刀沿画线划下划痕，然后轻轻一折，多孔板便沿画线方向断开。接着我们开始在裁下的多孔板上用笔描绘元件的布局及连线图。在描绘时，应尽量减少焊接时的跳线，并且要根据元器件的实际大小在板子上留出足够大小的空间，避免焊接时元器件互相挤压。由于该制作中的CD4017有10个输出端，焊接时的跳线在所难免，因此笔者在制作时索性将电路分为两部分，控制部分（即从话筒到CD4017这一部分）和执行部分（即10个LED）。元器件的分布及连线图画好后如图2所示。

接下来，焊接执行部分的10个LED。为了使10个LED安装的高度一致，在这里，笔者将引脚插到底后焊接。焊好后，将它们的负极用导线（可用弯折的引脚）连接好，正极分别空出，再依次焊接控制部分的电阻、电容、三极管、驻

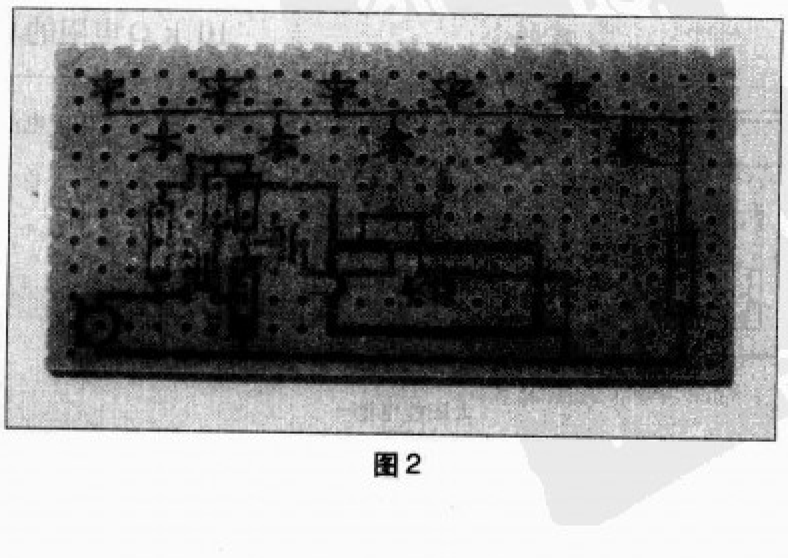


图2

极体话筒及CD4017。焊接时需注意以下几点：

1．为了使这些元件的高度低于10个发光二极管的高度，这里的电阻电容均采用卧式焊接法。

2．为了使焊接美观可靠，焊接时尽量使连接用的导线贴着焊盘，并且在导线经过的焊盘处，不论是否有元件的引脚，均在此处焊下一个焊点。

3．在焊接驻极体话筒及CD4017时，由于其内部的CMOS电路易受静电感应而被击穿，应特别注意，最好拔掉烙铁插头利用余热进行焊接，或者将烙铁外壳接地。焊接CD4017时，也可以使用集成电路插座，焊好后再插上集成电路。

笔者焊好的流水彩灯两个独立部分如题图（元件面）、图3（焊接面）所示。

最后，用细导线将CD4017的10个输出端分别与10个LED正极连接起来。连接时，先将10个

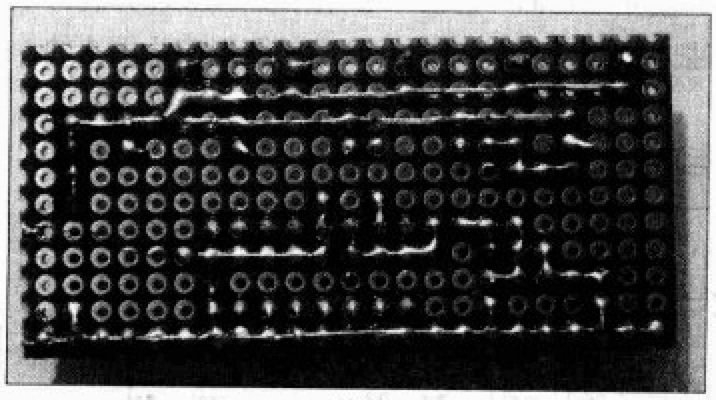


图3

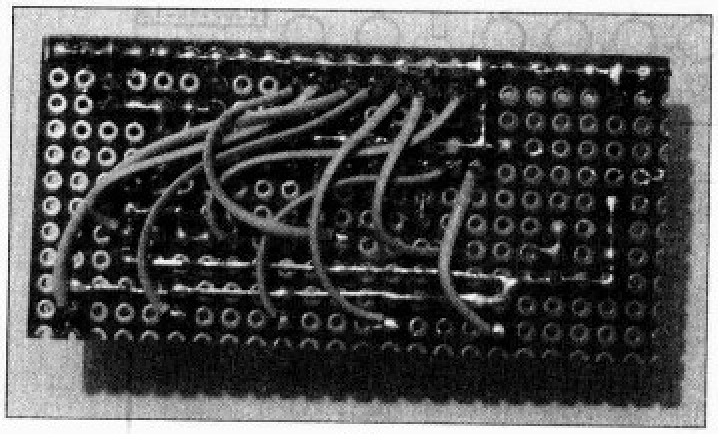


图4

LED的正极与细导线连好（见图4），再根据实际情况确定好所需导线长度，最后拔掉烙铁插头，利用余热将导线另一端与CD4017的10个输出端焊好。

一般情况下，按照原理图中元件取值焊好后，接上9V叠层电池无需调试即可工作。将声控流水彩灯置于音源附近（如音箱），10个LED便会随着音乐的强弱变化循环发出不同颜色的光，很有趣。

多功能测电笔的改进

文 / 吕四喜

读了本刊2007年第10期的《多功能测电笔》一文，笔者按书中的制作方法做了几支测电笔，它比普通试电笔有很多优点，使用非常方便。但是在夏季天气闷热潮湿，人体出汗，它在口袋中会受潮。由于它的放大电路放大能力强，灵敏度又很高，湿气使笔内电路导通，LED发光耗电。另外，当把该笔用于测试线圈等的通断时，测电笔内电池的耗电量也较大。为此，笔者将它进行了改进，在电路中加了1个LED和1个小型按键自锁开关，解决了测电笔的上述不足，使用效果良好。

一、工作原理

改进后的多功能测电笔的电路见图1。当用它测带电体是否有电或测通断时，笔内开关处于S1断开、S2闭合的状态，当探测极有电流输入或有人体静电输入信号时，由于三极管VT1的高倍放大作用，在VT1上产生较大的集电极电流，由纽扣电池供电，驱动LED发光指示（VD1亮）。

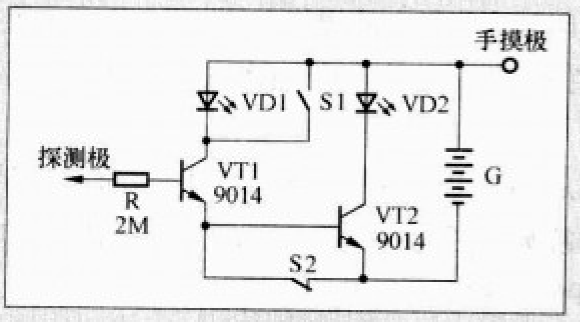


图1

当用于感应测电时，将笔内的按键自锁开关按下，电路处于S1闭合、S2断开的状态。当探测极有微弱电流输入或感应到电场信号时，由于VT1、VT2的高倍放大作用，在VT2上会产生较大的集电极电流，作照明用时，用食指和手心分别接触笔的触摸极和探测极，由于感应信号更强，VT1、VT2的高倍放大作用，在VT2上将产生的更大的集电极电流（约为38mA），驱动LED（VD2）发出很亮的白光，照亮近距离的物体。

为了防止人体触电，在探测极和晶体三极管VT1的基极之间串联了一个2M Ω的人体保安电阻器R。

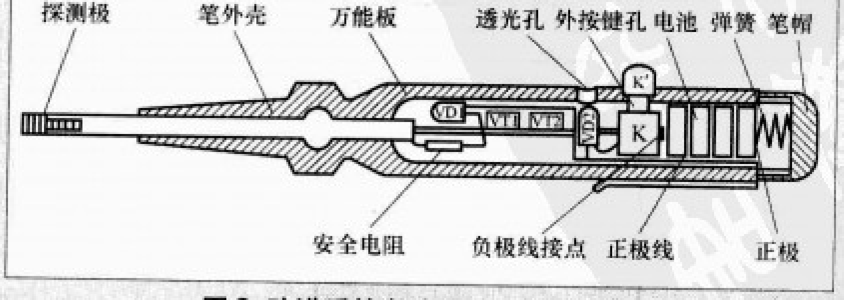


图2 改进后的多功能试电笔装配图

读者可参考图2对试电笔进行改装。

如何抄画印制电路

文/葛中海

在实际工作中，我们往往会遇到这样的情况：某一小电器坏了需要维修，却苦于没有现成的电路图；或者我们遇见一个新颖的小电器，功能不错且实用，想搞清楚它的工作原理，这些都需要 “解剖”现成电路板成原理图，然后测试、分析。工程上把根据印制电路板绘制原理图的过程叫电路板“反绘”。

电路图“反绘”是要求我们根据电路板（PCB）图绘制出相应原理图的过程，也就人们常说的“抄板”。“抄板”是一项既专业又实用的电子技能，在实际工作中，“抄板”往往是考查技术人员识读电子电路能力的标志。

了解印制线路板的技术术语

（1）铜箔走线：由铜箔组成的电路走线。Protel 99SE软件中英文单词为Track。

（2）焊盘：印制电路板上的焊接点，如图1所示电阻的两端圆环形灰色区。在Protel 99SE系统中，焊盘英文名称为Pad。

（3）焊盘孔：印制电路板上安装元器件插孔的焊接点，如图1电阻的两端圆形区内部的黑色区，元器件脚插装的孔洞，在Protel 99SE系统中，焊盘孔英文名称为Hole。

（4）定位孔：在印制电路板上除焊盘孔外的洞和孔。它主要用于固定电路板，或体积较大的元器件紧固等（比如固定散热器），如图2电路四角各有一个定位孔。

(5)绿油：覆盖在电路板上的绿色涂层，阻止焊接之用。在Protel 99SE系统中，绿油英文名称为Paste。

（6）丝印：指示元器件形状、标号或其他信息的印刷文字（一般用白漆或黑漆印刷）。在Protel 99SE系统，丝印英文名称为Overlay。

（7）跳线：单面印制板布线时由于电路复杂，会出现走线不通的情况，这时需要用跳线。

（8）反面：单面印制板中，铜箔板的板面。

（9）正面：单面印制板中，安装元器件、零部件的板面。

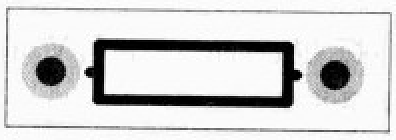


图1 电阻的焊盘及焊盘孔

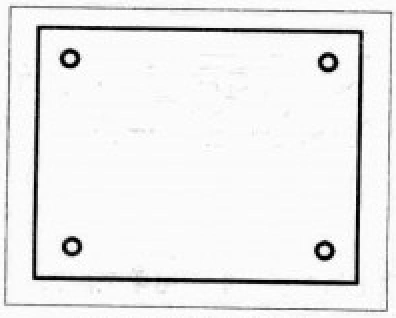


图2 电路板定位孔

印制电路板识读的一般方法

当我们拿着一块电路板时，从正面（顶层）我们只能看到它的丝印符号和钻孔，如图3所示。从反面（底层）我们只能看到它的铜箔走线和焊盘，图4为底层走线“镜像”图。所谓“镜像”就是从正面“透视”地看到底层走线的图形，所以当我们把板翻到底层观看时，真实的图形应为图4的“镜像”。

图5是运用现代电脑合成技术，把电路板的顶层丝印和

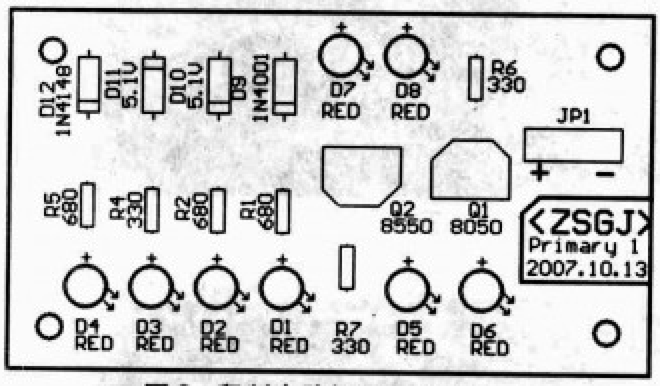


图3 印制电路板顶层丝印图

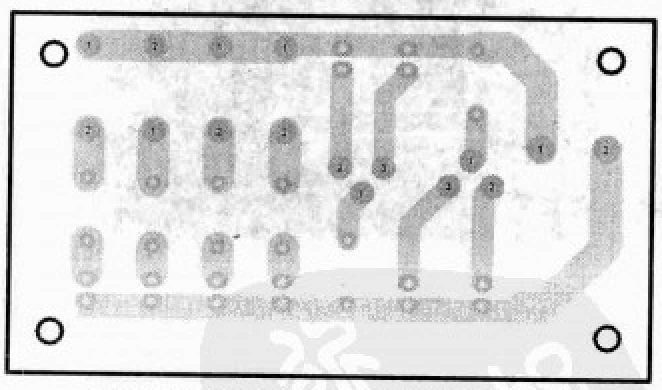


图4 印制电路板底层走线“镜像”图

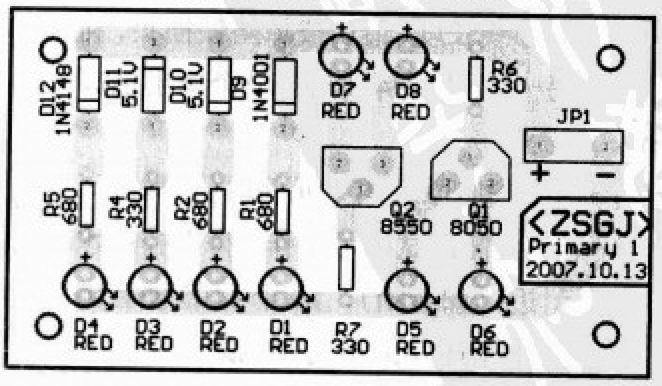


图5 印制电路板顶层和底层合成图

低层铜箔走线“叠合”在一起，然后从正面“透视”的效果图，工程上主要用于生产线上元器件的插件、装配。生产厂家一般不会提供这种图纸资料，但是该图对于维修工作者有很重要的作用，因为通过印制电路板图能比较快地找到需要检测的元器件，这将加快维修速度。

为了能更快、更好、更准确地“反绘”出印制电路板的原理图，必须要有一套可靠的途径才行，这里介绍一下“反绘”原理图的一般方法。

1.先找到电路板的输入/输出端口

每个电路板都具有某一个基本功能，因此它们大都有一个或几个输入／输出端口，它们要么是信号端口，要么是电源端口。因此，“反绘”电路时，首先要仔细观察这些的属性。

电源端口一般都有提示，因此大家要依据电源端口标示的正、负极性或与该端口并联的电解电容的极性来判断。只有找出电源的正、负极性，我们才能更好进行下面绘制工作。因此，寻找电源端口、判断电源极性是“反绘”电路原理图的第一要务。

这里讲的是抄画电路板的一般方法，并不是绝对的。比如在自激振荡开关电源和正负双电源电路中，电解电容的正极接地、负极接负电压——这并不违背电解电容正常接法。

2.其次找到醒目的元器件

因为印制电路板图的走线（印制导线）有的地方粗，有的地方细，而且无规律，焊盘的形状有大有小也各有差异，这样就给寻找某一个元器件的具体位置带来不便，为此，比较醒目的元器件就成为寻找其他元器件的参考点。

由于晶体管、集成电路、可调电阻等的数量较电阻、电容要少，而且电路符号及实物也比较容易识别，故以此类元器件的位置为醒目的参考点。因此识读印制电路板图时，首先找到醒目的元器件，然后再去找其他元器件。

3.地线的特殊性

工程上实用的印制电路板地线的面积一般都很大、很广，涉及到电路板的各个角落，它们是由绘图软件的特殊“铺地”命令完成的。地线的这个特征为我们绘制电路图提供了极大的方便。因此，在绘制电路图时，把与之连接的脚都标记为“地”，既省时又省力，大大提高我们“反绘”的速度。

电路板“反绘”的一般要求

1.元器件布局要求

（1）信号端口和电源端口要分布在整个原理图的边缘；

（2）要按照信号的流程、方向分布元器件；

（3）原理图上元器件的排列要整齐；

（4）绘制出的原理图最好是横向矩形形状。

2.走线要求

（1）“T”型交叉和“十字”型交叉点要用有圆点标示的是电气连接，没有圆点标示的为非电气连接；

（2）元器件之间尽量用“横线”和“竖线”连接（特殊位置可以用45°斜线）；

（3）元器件之间的连接要保持一致，不能太粗或太细的线条；

（4）不同的电路网络可以用不同颜色的线。

3.电路的对称性要求

电路的对称性要求并不是要求每张原理图都画成对称，这既不可能也不现实，因为许多电路本身并不具备对称性。但是，对于那些整体或局部对称性的电路，希望大家把它们绘制成对称性，这样既方便观察，又容易分析其工作原理。

4.电源和地线的要求

电源和地线的要求一样，都不要用线条连接，而用网络号 V_{CC}、+5V、+10V 等和地线符号⊥——这样做的目的是为了简化电路的需要，让整个电路图更容易观察。

5.复合单元集成电路的要求

对于电路中用到复合单元集成电路，我们不能按元器件封装图上的管脚序号画原理图，而要根据其内部单元功能、结合它们周围的元器件来画，这样画出的原理图，有利于进行原理分析，图6是集成电路4558内部分开画出的单元电路。

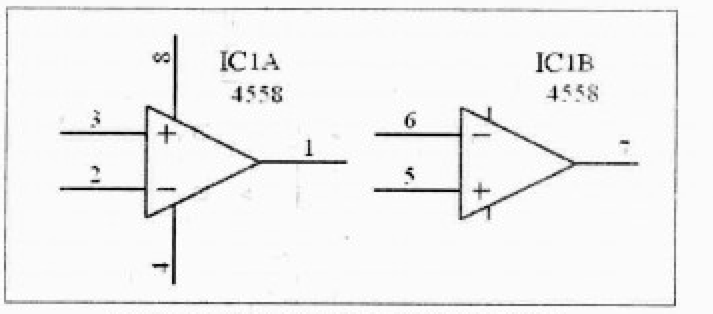


图6 集成电路4558内部单元电路图

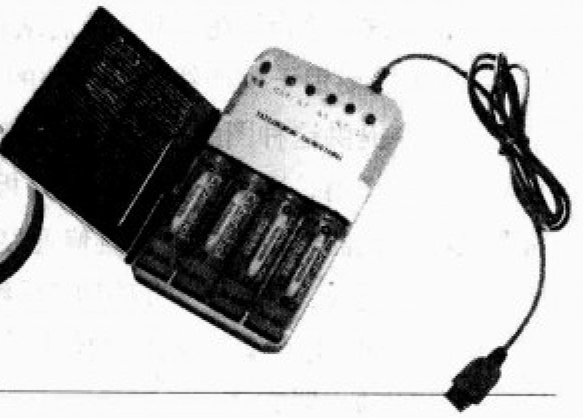
6.复杂功能集成电路的要求

对于我们没有接触过的集成电路，可以复杂问题简单化：直接根据脚号在电路中的连接对应画出。另外，我们也可以上网查找该芯片的详细资料，根据其内部功能框图，适当改画，比如输入口画左侧，输出口画右侧，电源和地线画在芯片上、下边。

7.跳线处理

跳线，工程上也称飞线或光线，一般由成形机切割成一定长度的导线（长度可以任意调节，一般常用5mm、7.5mm、10mm、20mm等），插在电路中，连接两片或多片不能布通的电路之间。所以，在绘制电路时，由光线连接的电路是直通的。

简易太阳能充电器



文/门 宏

用太阳能电池板制作一个太阳能充电器，至少具有三大好处：一是可以在野外或旅途中无交流电源的环境或停电情况下，为自己的用电器具应急充电；二是可以节约用电，节省充电费用；三是以实际行动节能减排，为保护环境作贡献。如此一举三得之事，何乐而不为。

一、太阳能充电器电路原理

本文介绍的太阳能充电器具有以下功能和特点：(1) 在光照下直接为4节镍氢电池充电。(2) 在光照下直接为手机等电器充电。(3) 具有电能储存功能，在光照下储存电能后，能够在无光照时为手机等电器充电。

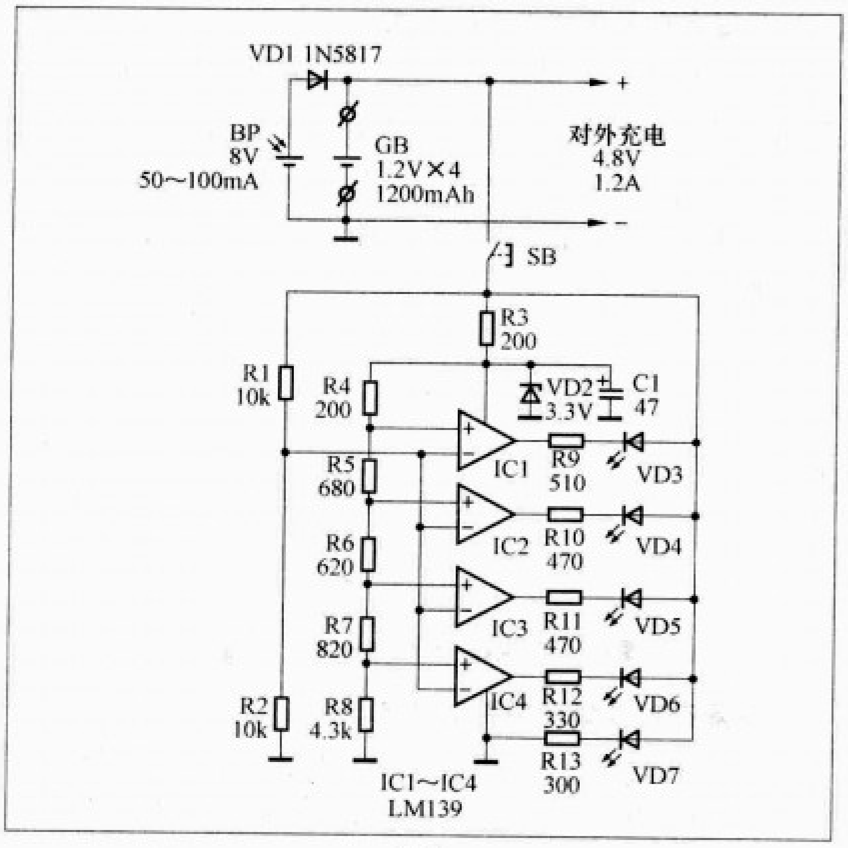


图 1

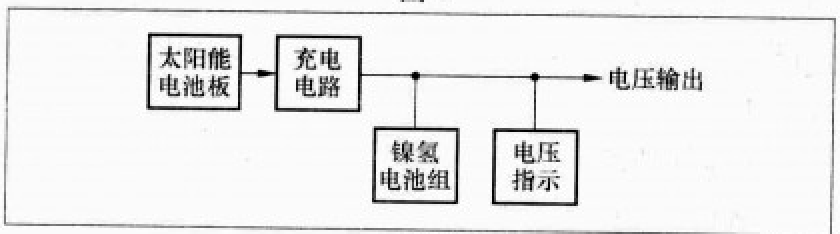


图 2

太阳能充电器电路如图 1 所示，图 2 为其原理方框图。电路由太阳能电池板、充电电路、镍氢电池组、电压指示电路等部分组成。由于太阳能电池板的输出电压和电流均取决于光照强度，不够稳定且输出电流较小。设置镍氢电池组的作用是作为“蓄水池”，既可稳定输出电压、提高输出电流，又可在无光照情况下提供应急充电。同时作为镍氢电池的充电器，可为 4 节 1.2V 镍氢电池充电。

1. 充电电路

整流二极管VD1构成最简充电电路。太阳能电池板BP在光照下产生的电能，经 VD1 向镍氢电池组 GB 充电。由于太阳能电池板BP所能提供的电流较小(50~100mA)，属于涓流充电，因此可以将充电控制与保护电路略去，简化了电路，降低了制作成本，而丝毫不影响充电器功能。

电池组GB由4节镍氢可充电池组成，充满电时端电压约4.8V。当太阳能电池板BP的输出电压高于电池组GB电压与VD1管压降之和时，VD1导通，向电池组GB充电。当太阳能电池板BP的输出电压低于电池组GB电压与VD1管压降之和时，VD1 截止，停止向电池组 GB 充电。

2. 电压指示电路

电压指示电路为检测镍氢电池组GB电量所设，需要时按下“电量”按钮，5 个发光二极管则按＜70%、70%、80%、90%、100%五级指示出电池组电量，点亮的发光二极管越多则电量越足，如图 3 所示。

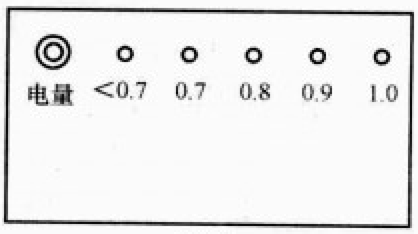


图 3

电压指示电路由集成电路 IC1 ~ IC4、发光二极管VD3~VD7等构成，如图1所示。IC1~IC4分别构成100%、90%、80%、70%电压比较器，分别由VD3~VD6予以指示，＜70%电压由VD7指示。R3、VD2等构成3.3V稳压电路，以提高比较器基准电压的稳定度。R4~R8 构成串联分压器，将3.3V 稳定电压分压后形成4个递增的电压，分别送至4个电压比较器的“IN+”端作为基准电压。R1、R2为取样电阻，取样比为2/3，取样电压同时送至4个电压比较器的“IN-”端。R9~R13为发光二极管限流电阻。SB为“电量”检测按钮。

IC1~IC4为集成电压比较器，集电极开路输出形式，如图4所示。按下SB后，当取样点（R1与R2的分压点）电

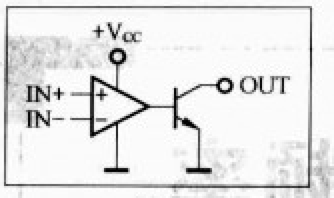


图 4

压未达到IC4基准电压时，仅VD7点亮，指示电量＜70%。当取样点电压≥IC4基准电压时，IC4输出管导通，使VD6点亮（VD7仍亮），指示电量≥70%。当取样点电压≥IC3基准电压时，VD5点亮（VD6、VD7仍亮），指示电量≥80%。当取样点电压≥IC2基准电压时，VD4、VD5、VD6、VD7点亮，指示电量≥90%。当取样点电压≥IC1基准电压时，VD3～VD7均点亮，指示电量达到100%。

二、主要元器件选用

BP选用开路电压8V、短路电流50～100mA的太阳能电池板组件，也可将若干开路电压较低（例如2V或4V）的太阳能电池板组件串联使用。太阳能电池板组件可用万用表进行检测，方法是：将太阳能电池板组件置于阳光直接照射下，万用表正、负表笔分别接触太阳能电池板组件的正、负引线，如图5所示，万用表置于“直流电压10V”挡所测得的电压即为太阳能电池板开路电压；图6所示为万用表置于“直流电流250mA”挡所测得的电流即为太阳能电池板短路电流。

IC1～IC4选用一块LM139。LM139是一个内含4个电压比较器单元的集成电路，具有电源电压范围宽、功耗低、比较灵敏度和比较精度高的特点，能够在单电源或双电源下工作。LM139为14脚双列直插式封装，各引脚功能见图7。

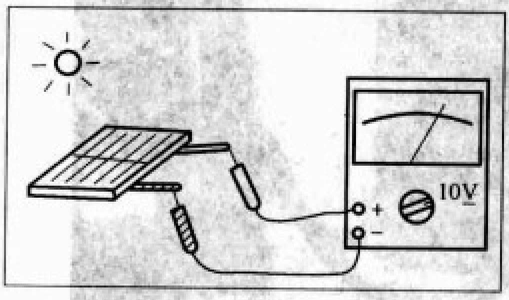


图 5

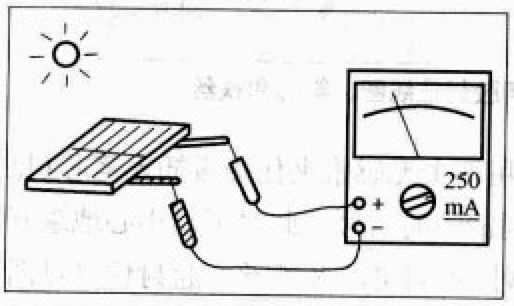


图 6

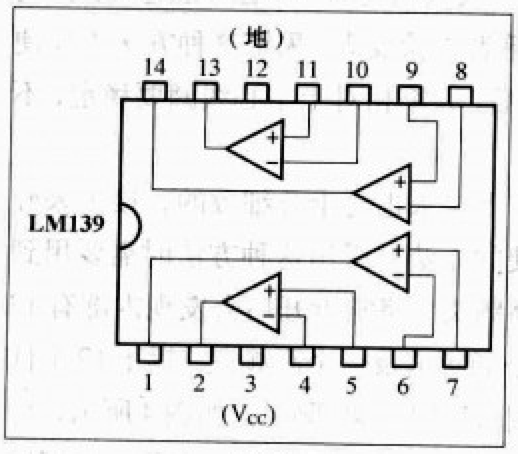


图 7

VD1选用1N5817等肖特基二极管，其正向管压降较低，有利于提高充电效率。VD2选用3.3V稳压二极管。SB选用微型轻触按钮开关。

三、制作与使用方法

1. 电路板安装焊接

图8所示为太阳能充电器电路板，用单面敷铜板制成，尺寸为40mm×55mm。所有元器件均安装焊接在此电路板上，5个发光二极管和轻触按钮开关SB应保持

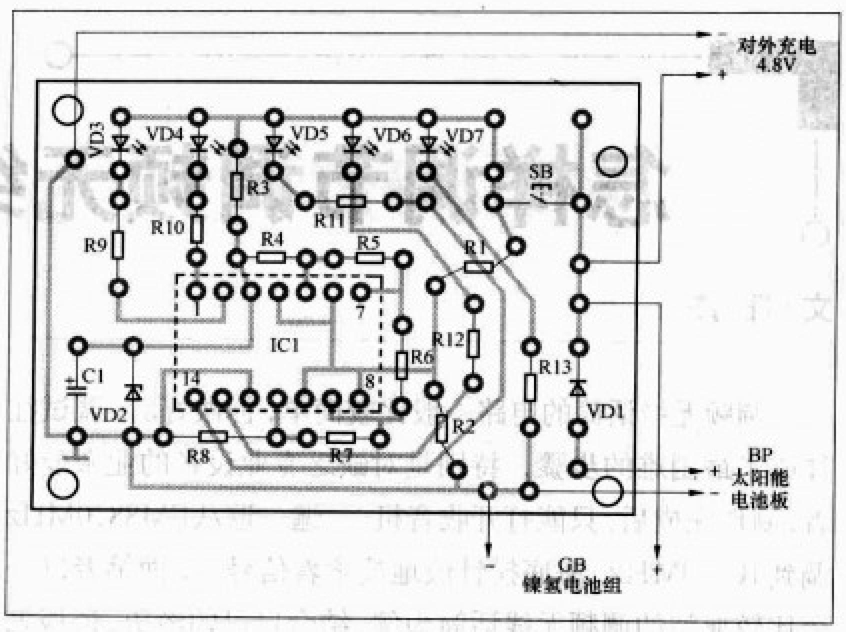


图 8

一定高度，以便从外壳的相应孔洞中露出，其余元器件安装高度应较低，如图9所示。

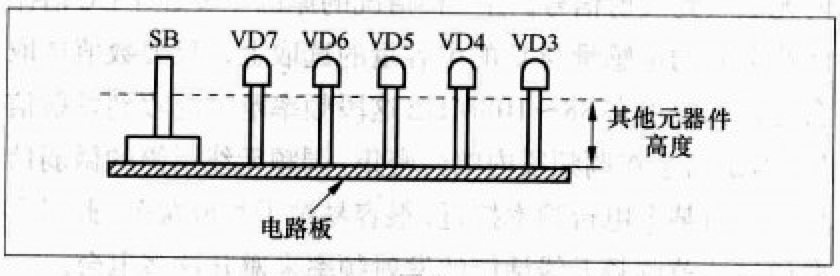


图 9

2. 结构与外壳

太阳能充电器采用可开合的盒式结构，如题图所示。盒体内安放电路板，轻触按钮开关SB和5个发光二极管露出在盒体表面。盒体下部为可安放4节AA（5号）镍氢电池的电池仓。盒盖内安放太阳能电池板组件。对外充电的输出线从盒体侧面引出，并接有手机充电插头，手机充电插头的形状和规格应根据自己所用手机的要求选配。

3. 为镍氢电池充电

打开太阳能充电器盒盖，在电池仓内放入4节待充电的AA（5号）镍氢电池，将充电器盒盖内的太阳能电池板置于阳光下，即开始充电。如需检测充电状况，可随时按下“电量”按钮SB，5个发光二极管即显示出当前电池电量。

4. 为手机充电

本太阳能充电器可对外提供4.8V的充电电压，可以满足手机充电需要。将太阳能充电器输出线的手机充电插头插入手机的充电插口，打开太阳能充电器盒盖将太阳能电池板置于阳光下，即开始充电。在无光照情况下仍可利用内置镍氢电池组的电能为手机充电，这时可合上太阳能充电器盒盖。充电状况可看手机屏幕上的显示。

本太阳能充电器也可为充电电压为5V的大多数移动数码设备充电。

怎样调节调频无线话筒的发射频率

文/任 杰

调频无线话筒的电路一般比较简单，但做好后，调试往往成了最困难的步骤，特别是对缺乏专业设备的业余爱好者，制作完成后，只能打开收音机，一遍一遍从FM88.0MHz调到108.0MHz，海底捞针般地搜索着信号。下面笔者以一个比较典型的调频无线话筒为例，结合自己的经历，谈谈怎样调试无线话筒。

对一般的爱好者来说，制作完无线话筒后最常见的问题便是无法使发射频率落在预定频率上或者在整个调频段内无法收到发射信号。后一种情况的原因主要在于LC谐振回路上L的电感量与C的电容量的选取上，只要数值选取合适，一般可在88～108MHz这段频率范围内收到发射信号。但是由于在调频段内电台密集，调频无线话筒的微弱信号一旦与某个电台频率接近，很容易被干扰或覆盖，此时需要通过调节调频无线话筒的发射频率来避开这些电台。

我们知道，LC谐振回路振荡频率的计算公式为$f=1/(2\pi LC-1/2)$，可以看出其频率由C容量与L电感量决定。电感量与匝数、线径、线圈内径、匝间距及有无磁芯等有关。上述介绍的是通过调节线圈匝间距来改变L电感量。但是实际中改变线圈电感量的方法不限于此，例如前面介绍的在线圈内插入铁芯或铜芯等其他方法。

首先介绍插入铁芯的方法。L的制作方法是：用直径0.51mm的漆包线在圆珠笔芯上绕5匝，拉开至5～6mm的距离后连同与L长度相当的笔芯一起焊到电路中，焊好后见图1所示。此时我们可以不再改变L的匝间距。通电后，找一段能插入笔芯的细铁丝，将收音机调到某个能收到信号的频率点，再将铁丝用两个无感锥夹住缓缓插入笔芯（见图2），直到收音机收到清晰的信号。此时可以小心地拿开无感锥，用热熔胶将线圈连同笔芯及铁丝一起封住（见图3）。操作时注意，铁丝插入线圈越深，L电感量越大，振荡频率越低，反之越高。笔者试验发现，采用这种方法不仅便于调节，并且加入铁芯后，频率相对于空心线圈要稳定，不容易跑频。

图1 把漆包线绕在笔芯上

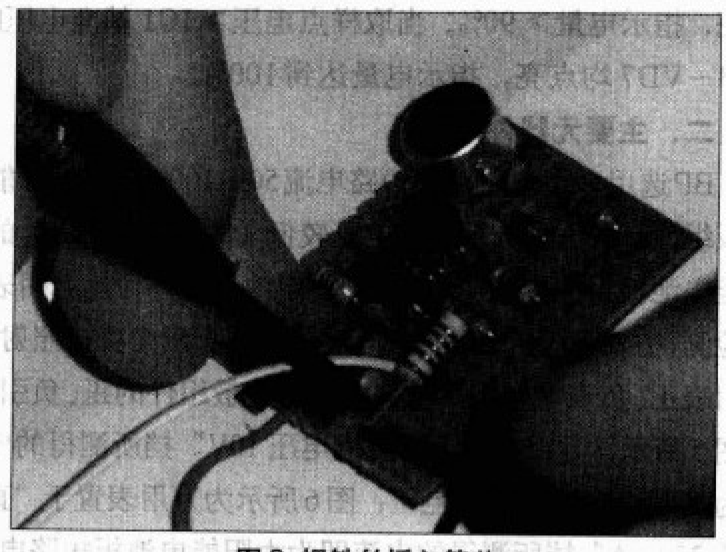


图2 把铁丝插入笔芯

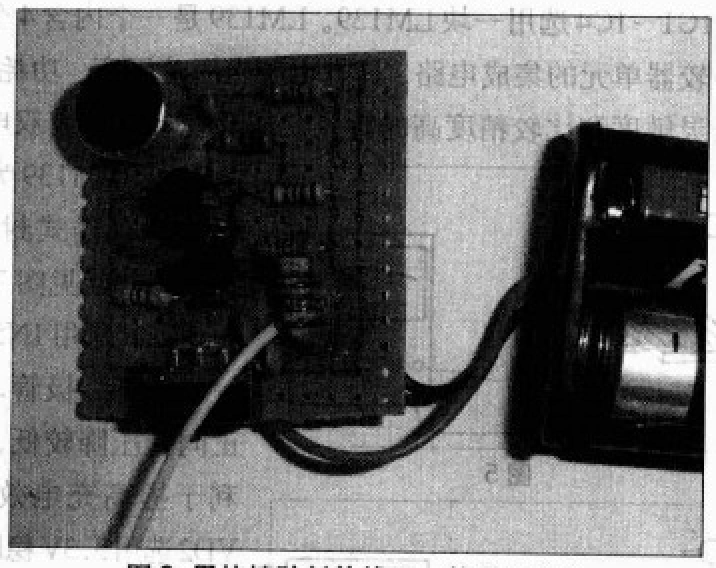


图3 用热熔胶封住线圈、笔芯和铁丝

上面的方法在操作上要求也是十分细致的，接下来介绍另一种操作更加方便的方法，采用这种方法时需要用到一个废旧黑白电视机高频头。将它拆开后会发现内部有13组线圈，分别对应12个低频道及一个高频段。拆下12个低频道中的任意一组线圈（连同支架部分），如图4所示，可以见到其上方有一个带小齿轮的微调旋钮，连着一个铜质

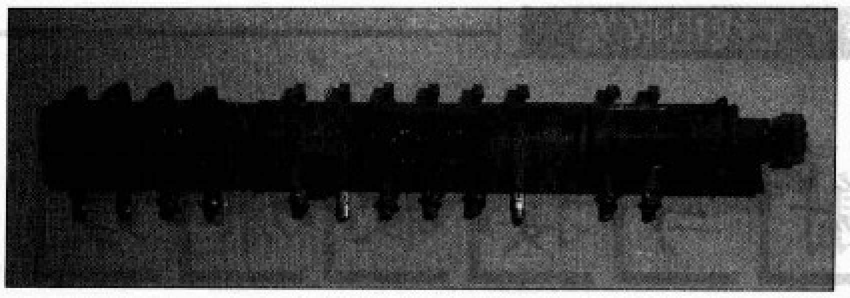


图4 黑白电视机高频头内的线圈

的螺丝。我们知道，在空芯线圈中插入铜芯可以减小电感量，黑白电视机的12个低频道正是通过这种原理实现频率微调的，在这里我们可以很好地借用它。经笔者测得高频头中线圈内径约3mm，与该无线话筒要求的线圈内径相当（当然，如果这个内径与要求的相差较大，也可以通过改变线圈的匝数来达到电感量的匹配）。此时可以截下支架上带铜芯的一部分，然后将原有线圈连同骨架拿出来（见图5），拆下原有线圈，在骨架上用直径0.51mm的漆包线密绕5匝，然后放回带铜芯的支架内（见图6），然后将线圈焊好。这样，通过调节铜芯微调旋钮就可以方便地改变振荡频率。笔者用这种方法做好的无线话筒如图7所示。

在采用以上方法时需注意的是，在采用第一种方法时，要使线圈有一定的匝间距，以获得较小的电感量，因为插入铁芯会使电感量增大，可能使振荡频率低于调频段下限；而在采用第二种方法时，要使线圈匝间相对紧密，以获得较大的电感量，因为插入铜芯会使电感量减小，可能使振荡频率高于调频段上限。

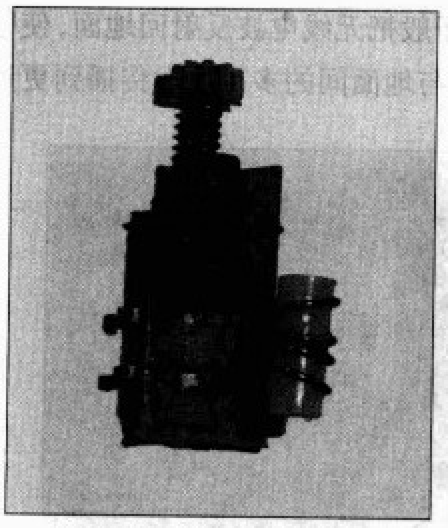


图5 截下的带铜芯的线圈

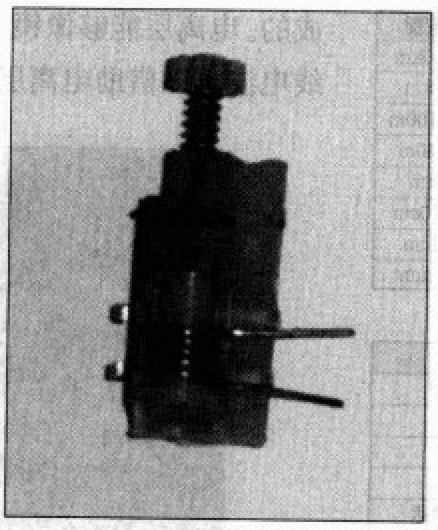


图6 用漆包线密绕5匝

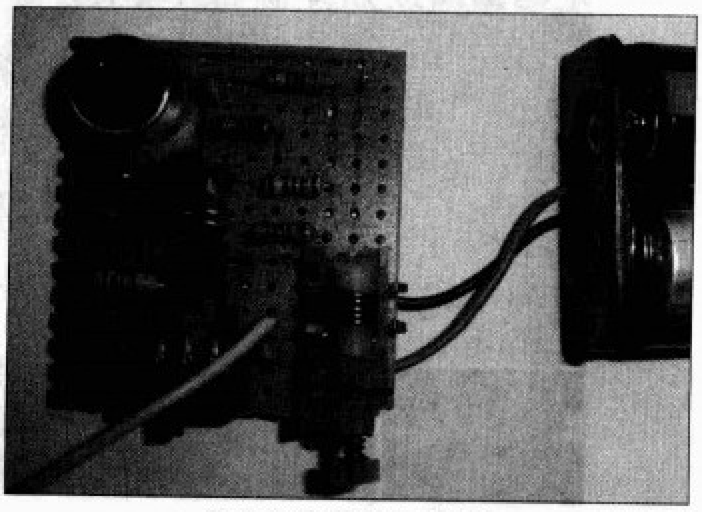


图7 制作好的无线话筒

扩展电容挡量程的简易方法

文/辛启华

常用的数字万用表，都设有电容测量挡，而且一般都有200pF～20μF的测量范围，给使用者带来了一些方便。但是在许多电子设备中，电容器的容量远远不止这样的大小，特别是电解电容，几百乃至几千微法的比比皆是，甚至还有上万微法的。对这些电解电容的测量，常用的数字万用表就显得“力不从心”，下面介绍一种扩展电容挡量程的简易方法。

电容的容量与极板的大小成正比，与极板的距离成反比，电容在串联后相当于拉大了极板的距离从而使等效容量变小，其大小接近串联电容中较小的那一只的值。由此我们就可以在一只10μF电容的一端再串联上被测的大电容，只要这个串联后的等效电容量小于数字万用表电容挡的量程，就可以利用常用的数字万用表直接测量了。测量后按照物理教科书上讲述的电容串联的计算公式 $C=C1\times C2/(C1+C2)$ 求出被测电容的实际值，其中C表示串联后的等效电容量；$C1$、$C2$则是两只串联电容的容量。

依据 $C=C1\times C2/(C1+C2)$ 可以推导出

$C1=C2\times C/(C2-C)$和$C2=C1\times C/(C1-C)$

利用公式求串联后的等效电容量，其计算涉及代数中的分式，使用起来不太方便，计算也比较复杂。现在利用EXCEL表中编排的计算式，只要输入两只串联的电容器容量，就可以很快地求出串联后的等效电容量，这个“电容串联计算表”见本期配刊光盘。使用时，在计算表标注出的输入窗口中一输入数据立刻可见答案。同样根据这个原理，还可以在该表的计算栏目中，先确定等效电容量，再求出两只串联的电容容量，以此帮助解决维修中的燃眉之急。

零起步学无线电收发

无线电发射与接收原理

文/门 宏

无线电波是能够在空间传播的、一般用天线辐射和接收的、波长较长的一段电磁波。比无线电波波长短的电磁波依次为红外线、可见光、紫外线、X射线和γ射线。

无线电波的传播速度与光速c相同，即每秒300 000km。无线电波的波长λ与频率f之间的关系为：$\lambda = c/f$，即用300 000km除以频率就可得出波长。例如，某短波广播电台的频率为9.90MHz，则其波长$\lambda = (3 \times 10^8) / (9.9 \times 10^6) \approx 30.3$m。

一、无线电波的频段和用途

无线电波是电磁波中的一个有限频带，根据国际电信联盟的规定，无线电波的频率范围为3kHz～300GHz，并被划分为若干个频段（或波段），详见表1。由于各波段无线电波的特性不同，他们的用途也各不相同，详见表2。

表1 无线电波的频段

<table>
<tr><th>序号</th><th>频段名称</th><th>频率范围</th><th colspan="2">波段名称</th><th>波长范围</th></tr>
<tr><td>1</td><td>甚低频（VLF）</td><td>3～30kHz</td><td colspan="2">超长波</td><td>100～10km</td></tr>
<tr><td>2</td><td>低频（LF）</td><td>30～300kHz</td><td colspan="2">长波</td><td>10～1km</td></tr>
<tr><td>3</td><td>中频（MF）</td><td>0.3～3MHz</td><td colspan="2">中波</td><td>1000～100m</td></tr>
<tr><td>4</td><td>高频（HF）</td><td>3～30MHz</td><td colspan="2">短波</td><td>100～10m</td></tr>
<tr><td>5</td><td>甚高频（VHF）</td><td>30～300MHz</td><td colspan="2">超短波（米波）</td><td>10～1m</td></tr>
<tr><td>6</td><td>特高频（UHF）</td><td>0.3～3GHz</td><td rowspan="3">微波</td><td>分米波</td><td>100～10cm</td></tr>
<tr><td>7</td><td>超高频（SHF）</td><td>3～30GHz</td><td>厘米波</td><td>10～1cm</td></tr>
<tr><td>8</td><td>极高频（EHF）</td><td>30～300GHz</td><td>毫米波</td><td>10～1mm</td></tr>
</table>

表2 无线电波的主要用途

序号	波段名称	传播方式	主要用途
1	超长波	波导	导航
2	长波	地波为主	导航、授时、远洋和地下通信
3	中波	地波与天波	导航、通信、广播
4	短波	天波	通信、广播
5	超短波（米波）	空间波、对流层散射	移动通信、调频广播、电视、雷达
6	分米波	空间波、对流层散射	移动通信、微波通信、电视、雷达、遥感
7	厘米波	空间波	空间与卫星通信、雷达、遥感、射电天文
8	毫米波	空间波	空间通信、卫星通信、射电天文

二、无线电波的传播方式

无线电波是利用电磁波振荡在空中传播的。不同波长的无线电波，其传播方式也不尽相同，一般可概括分为地波、天波和空间波三种主要传播方式。

1.地波

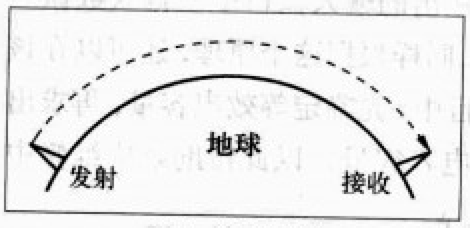


图1 地波传播

地波是沿地球表面向外传播的无线电波，如图1所示。一方面地球表面上有高山、建筑物等障碍物，只有波长大于或相当于障碍物的尺寸时，无线电波才能绕过障碍物继续传播。另一方面地波在传播过程中的能量损耗与频率有关，频率越高能量损耗越多，所以利用地波方式进行传播的主要是长波和中波，超长波在地表与电离层之间以波导方式沿地球表面进行传播。

地波传播的优点是信号比较稳定，不受昼夜变化的影响，而且能够沿着弯曲的地球表面达到地平线以外的地方，特别是在海面上传播距离很远。与潜艇进行通信的海岸长波电台、可传播几千千米的长波授时台（图2）、海洋遥测的地波雷达、中波广播电台、海上导航等，都是利用地波传播的。

2.天波

天波是依靠电离层的反射作用传播的无线电波。电离层是由于太阳和各种宇宙射线的辐射使大气层被电离而形成的。电离层能够像镜子般把无线电波反射回地面，使得无线电波可以借助电离层与地面间的多次反射传播到更远的

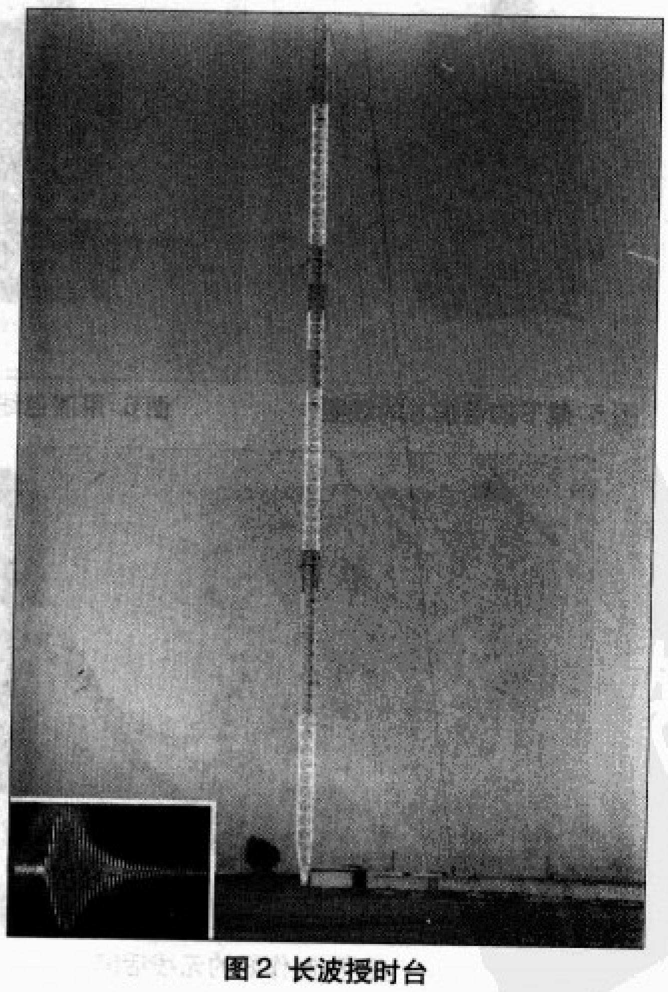


图2 长波授时台

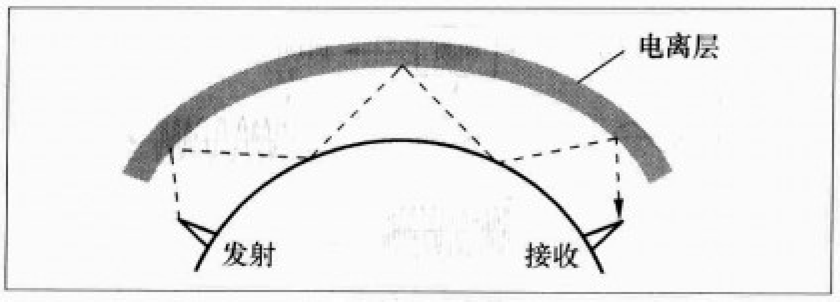


图3 天波传播

地方，如图3所示。

电离层主要对1.5～30MHz范围的无线电波起反射作用，频率更低的长波会被电离层吸收掉，频率更高的超短波和微波会穿透电离层直入太空，因此利用天波方式进行传播的主要是短波，中波也部分利用天波方式进行传播。

天波的优点是传播距离很远，不需很大的功率即可达到数千千米。天波传播的最大缺点是信号不稳定，这是由于电离层的不稳定性和昼夜变化所致，一般在接收机中采用自动增益控制电路加以改善。天波超视距雷达（图4）、短波广播电台、短波通信电台、业余无线电通信等，都是利用天波传播的。

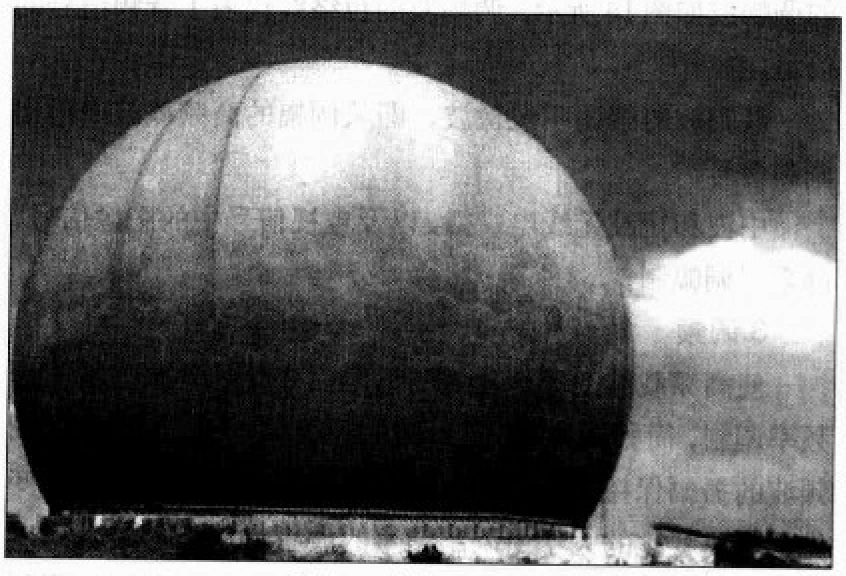


图4 天波超视距雷达

3.空间波

空间波是沿直线传播的无线电波。30MHz以上的无线电波会穿透电离层，因此，超短波和微波主要利用空间波方式进行传播。由于受地球曲率的影响，理论上讲空间波只能在视距范围内传播，如图5所示。为了增加传播距离，人们采用中继接力（图6）或卫星中继（图7）的方式，使得超短波和微波传播得更远。

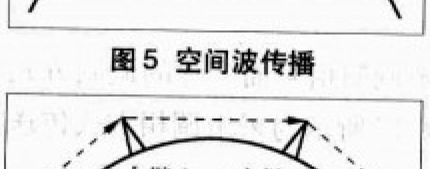


图5 空间波传播

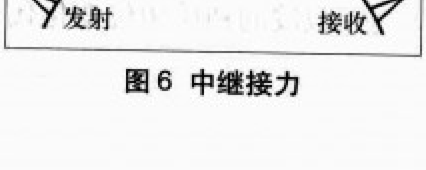


图6 中继接力

空间波受大气的干扰小、能量损耗少，所以信号较强而且稳定。另外由于超短波和微波的频率很高，能够传递更多的信息。电视、调频广播、雷达（图8）、移动通信（图9）、卫星通信（图10）、太空通信、无线电遥测、射电天文等，都是利用空间波传播的。

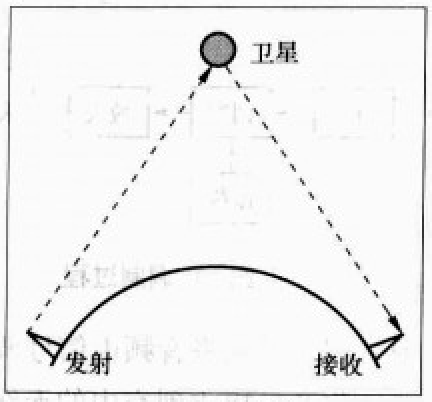


图7 卫星中继

三、信息的发送与接收

利用无线电波传送信息，需要将欲传送的信息附加到无线电波上去，然后将带有信息的无线电波放大后经过天线发射出去，如图11所示。这个“附加”的过程称为“调制”，调制之前的无线电波称为“载波”，调制之后的无线电波称为“已调波”。

接收时，天线接收无线电波并经调谐电路选择出所欲接收的频率，然后将附加在无线电波上的信息卸载下来，经放大后即可得到对方传送过来的信息，如图12所示。这个“卸载”的过程称为“解调”，解调是调制的逆过程。

例如，无线电广播所传送的信息是语言、音乐等声音信

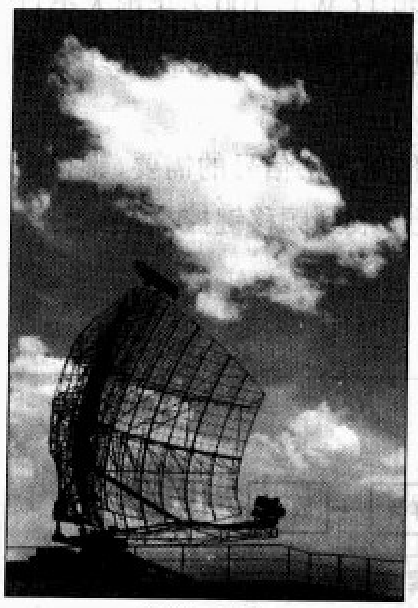


图8 雷达

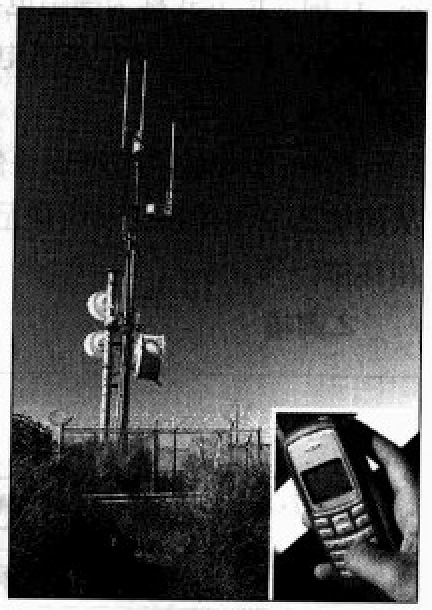


图9 移动通信

图10 卫星通信

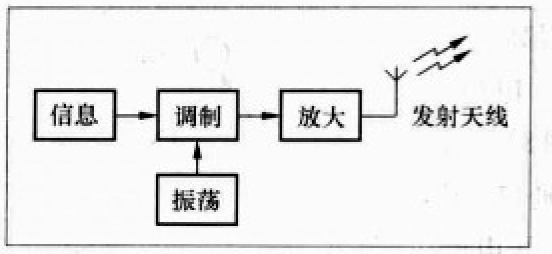


图 11 调制过程

号。首先由话筒将声音信号转换为相应的音频电信号，由于音频电信号频率很低，难以有效地直接向空间发射，因此必须将音频电信号调制到高频载波上发射。

收音机接收到空中的无线电波，由调谐电路选出所需电台的频率，再通过解调得到音频电信号，经过放大后推动扬声器发声，这样我们就听到了无线电广播的内容。

四、调制与解调方式

将信息调制到载波上的方式有多种。我们可以通过载波的有无、或改变载波的幅度、频率、相位等参数，达到调制的目的。这些调制方式分别称为键控、调幅、调频和调相。

1.键控

键控是通过电键控制高频载波的有无传送信息的。例如，莫尔斯电码中的“A”为“·—”，通过键控使发射机发出一短一长的两段载波，即可传送“A”信息，如图13所示。这种通信方式称为等幅电报（CW），100多年前人类首次实现无线电通信就是等幅电报，至今包括业余无线电领域仍在使用。

随着技术的进步，特别是传送数字信号的需要，键控也从简单地控制高频载波的有无发展到频移键控、幅移键控、相移键控等。

2.调幅

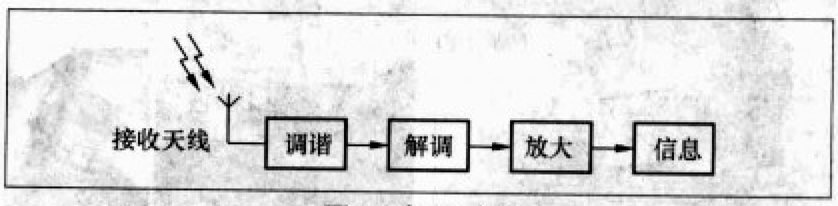


图 12 解调过程

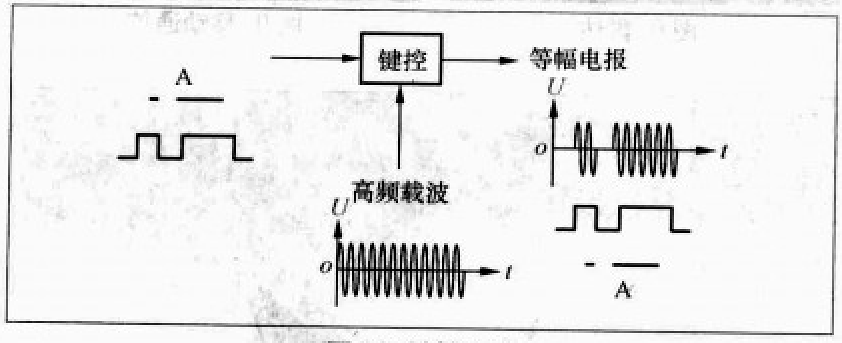


图 13 键控方式

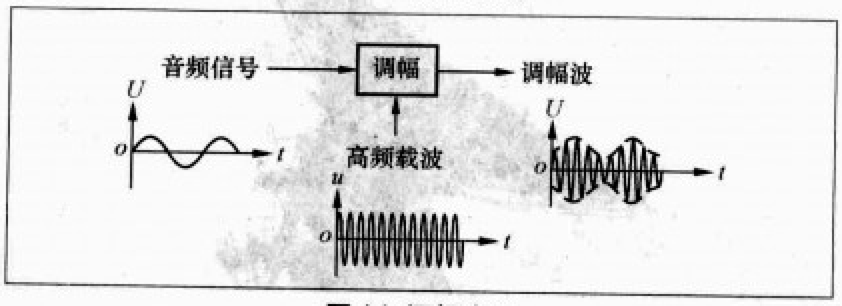


图 14 调幅方式

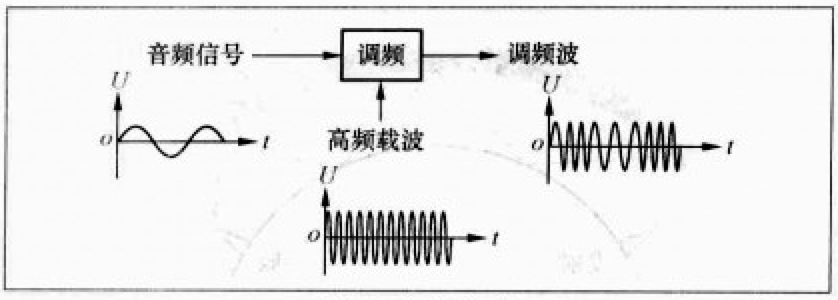


图 15 调频方式

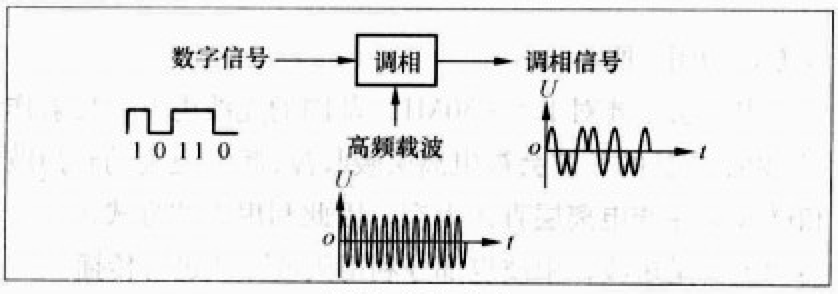


图 16 调相方式

使高频载波的振幅随调制信号而变化的调制方式称为幅度调制，简称调幅，经过调幅的无线电波称为调幅波。调幅波的频率保持不变，但其振幅大小由调制信号的大小决定。

例如，当用一音频信号去对高频载波进行调幅时，得到的调幅波如图14所示，调幅波的包络线代表了音频信号的信息。

调幅波的解调叫做检波，即从调幅的高频载波中检出调制信号。

中波和短波无线电广播，以及电视信号中的图像信号，都采用调幅制。

3.调频

使高频载波的频率随调制信号而变化的调制方式称为频率调制，简称调频，经过调频的无线电波称为调频波。调频波的振幅保持不变，但其频率在原频率的基础上高低变化，频率变化的大小由调制信号的大小决定。

例如，当用一音频信号去对高频载波进行调频时，得到的调频波如图15所示，调频波的频率变化代表了音频信号的信息。

调频波的解调叫做鉴频，即从调频的高频载波中鉴别出调制信号。

相对调幅制而言，调频制具有频带宽、抗干扰能力强、功率利用率高的特点。超短波特别是立体声无线电广播，以及电视信号中的声音信号，都采用调频制。

4.调相

使高频载波的初始相位随调制信号而变化的调制方式称为相位调制，简称调相。图16所示为采用调相方式传送数字信号示意图，高频载波的初始相位为0°时表示“1”，初始相位为180°时表示“0”，高频载波的初始相位变化代表了数字信号的信息。

电子制作常用工具面面观(1)

文/张晓东

孔子说:"工欲善其事,必先利其器。"这就是说,要做好一件工作,首先要具备得心应手的工具。在我们着手制作电子小装置时,配备一些常用的工具,并掌握正确的使用方法,的确是很重要的。

电子制作常用的工具可划分为板件加工、安装焊接和检测调试三大类:板件加工类工具主要有锥子、钢板尺、刻刀、螺丝刀、钢丝钳、小型台钳、手钢锯、小钢锉、锤子、手电钻等,安装焊接类工具主要有镊子、铅笔刀、剪刀、尖嘴钳、偏口钳、剥线钳、热熔胶枪、电烙铁等,检测调试类工具主要有测电笔、万用表等。下面结合作者多年来的实践体会和心得,对这些基本工具的用途、正确使用方法和选购等作一介绍,希望对初学者有所帮助。

1.镊子

镊子是电子爱好者最常用的一种小工具,它主要用以夹持小螺丝帽、小元件及细引线等,以便装配、拆卸或进行电路焊接。常用的镊子有直头镊子和弯头镊子两种,如图1所示。

图1 镊子实物图

由于电子元器件大多比较细小,装配的空间也比较狭小,因此在装配过程中常常无法入手。这时,镊子就是手指的延伸,可帮助我们在狭小的空间内进行操作。镊子有时也用于焊接电子器件时帮助散热。比如在焊接晶体二极管和晶体三极管时,为了保护器件不因高温而损坏,可按照图2所示,用镊子夹住管脚上方,以帮助散热。

购买镊子时注意选择不锈钢材质的产品,要求恢复弹性好、尖头吻合良好,大小以总长度在110~130cm之间为宜。如用医院专用的小镊子,效果也挺不错。

(a)夹持小件 (b)帮助散热

图2 镊子的用法

2.锥子

锥子的实物如图3所示,它主要用来在纸板或薄胶木板上扎孔,或穿透电路板上被锡堵塞的元器件插孔等。常见的锥子有塑料柄、木柄和金属柄几种,其中金属柄的锥头可以更换。

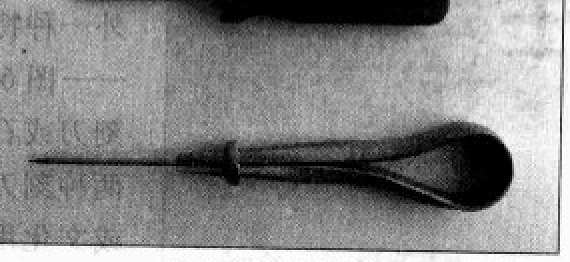


图3 锥子实物图

3.钢板尺

钢板尺的实物如图4所示,它是一种简单的尺寸量具,尺面上刻有尺寸刻线,最小尺寸刻度线为0.5mm,其长度规格有150mm、300mm、500mm、1000mm等。电子制作者选购150mm或300mm的钢板尺比较适合。钢板尺主要用来量取尺寸,测量元器件尺寸,也可以代替直尺作为划直线的导向工具。由于常见钢板尺采用不锈钢材料制成,所以也称不锈钢直尺。

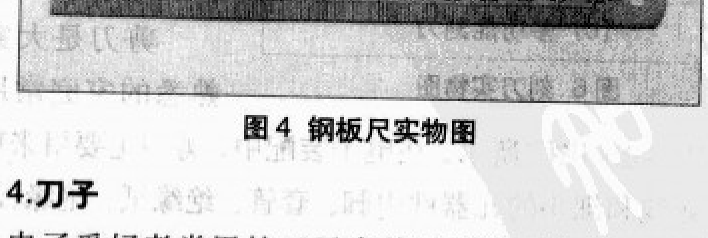


图4 钢板尺实物图

4.刀子

电子爱好者常用的刀子有普通铅笔刀和美工刀两种,

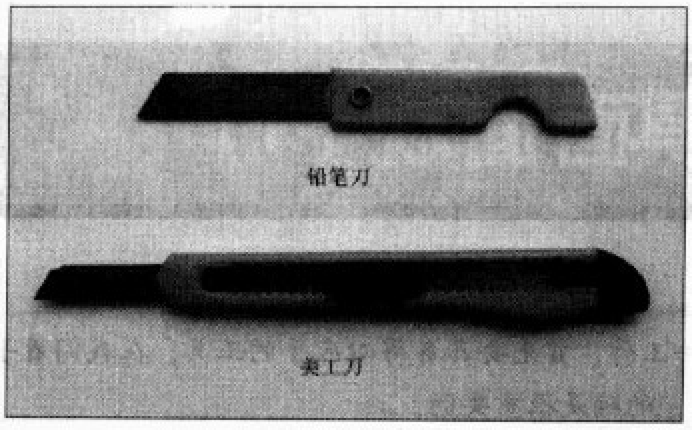
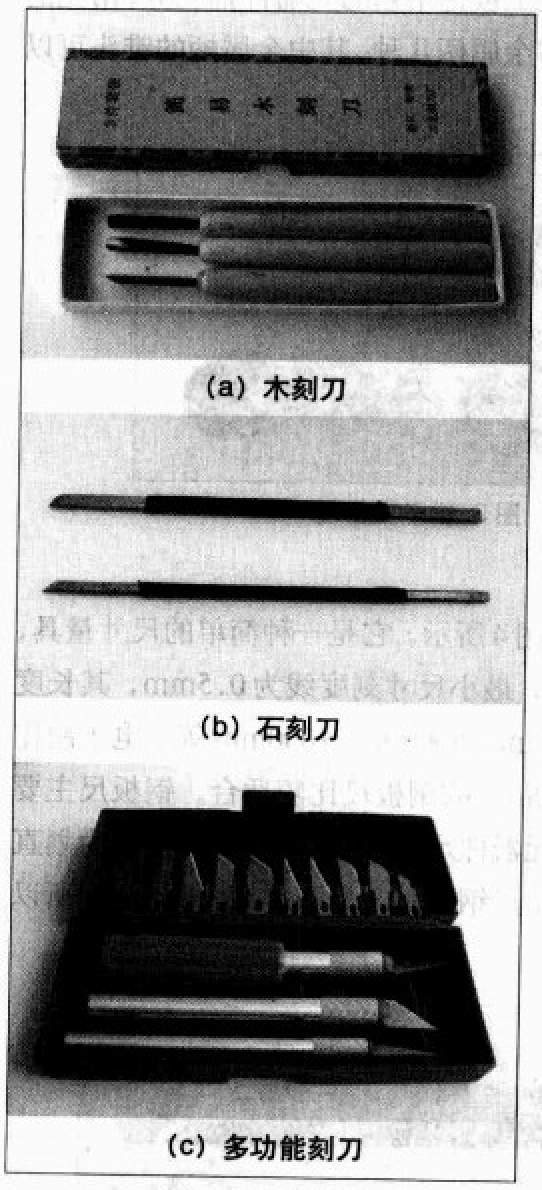


图5 刀子实物图

其实物如图5所示。铅笔刀可用来刮净元器件引线或印制电路板等焊接点。美工刀由刀架、可更换和伸缩的刀片组成，由于刀片锋利，所以常用来切、削、裁、割各种材料和清除电路板、外壳等加工后出现的毛边。

铅笔刀和美工刀在文化用品商店就可以买到，铅笔刀选购廉价的普通学生用小铅笔刀，美工刀有多种规格，一般用刀片的长度来表示，这里推荐选择刀片长度是80mm的美工刀。



(a) 木刻刀

(b) 石刻刀

(c) 多功能刻刀

图6 刻刀实物图

另外，初学者经常采用刀刻的方法加工制作印制电路板，这就需要另外一种特殊的刀子——图6所示的木刻刀或石刻刀。这两种刻刀在工艺品或文化用品商店便可以买到，由于价格不是太贵，建议购买套装产品，使用起来方便灵活。图6(c)所示的多功能套装刻刀，配有三种刀柄、13种刀头，使用特别方便，而整套工具的价格10元左右，是读者首选的产品。

5.剪刀

剪刀是大家所熟悉的家庭常用工具，其实物如图7所示。在电子装配中，剪刀主要用来剪切各种导线和细小的元器件引脚、套管、绝缘纸、绝缘板等。使用比较熟练后，也可以用它来剥除导线的绝缘皮，起剥线钳的作用。

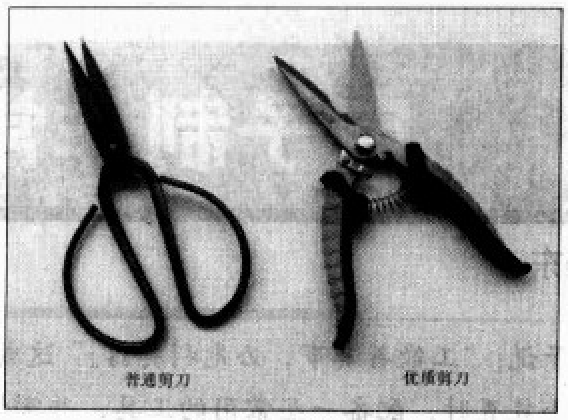


图7 剪刀实物图

建议读者购买采用优质钢材制造而成的剪刀，以便能够剪切薄铁皮等较硬的材料。图7右边所示实际上是作者购买的一把优质“钢线剪刀”，它刀口锋利并带有防滑牙，可轻松剪切2mm厚的铁皮，手柄带有使刀口自动张开的弹簧和关闭刀口的挂钩，手感省力自如，是电子制作中非常得力的助手。这把剪刀的购买价是25元，具有很高的性能价格比。

6.螺丝刀

螺丝刀又叫改锥或螺丝起子，是电子爱好者必备的一种工具。螺丝刀由柄、杆、头三部分组成，它种类很多，按柄部材料的不同，可分为木柄螺丝刀、塑料柄螺丝刀等；按头部形状的不同，常分为“一”字形和“十”字形等多种，分别用以拧动不同槽型的螺钉，其实物如图8所示。

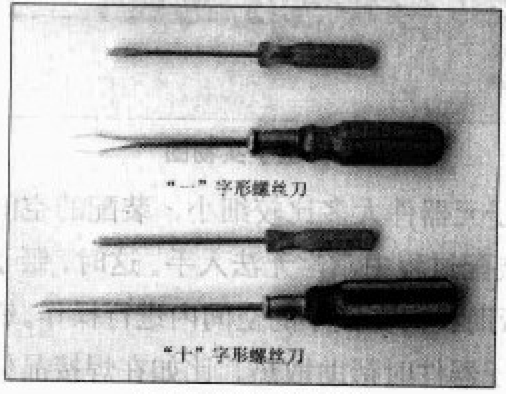
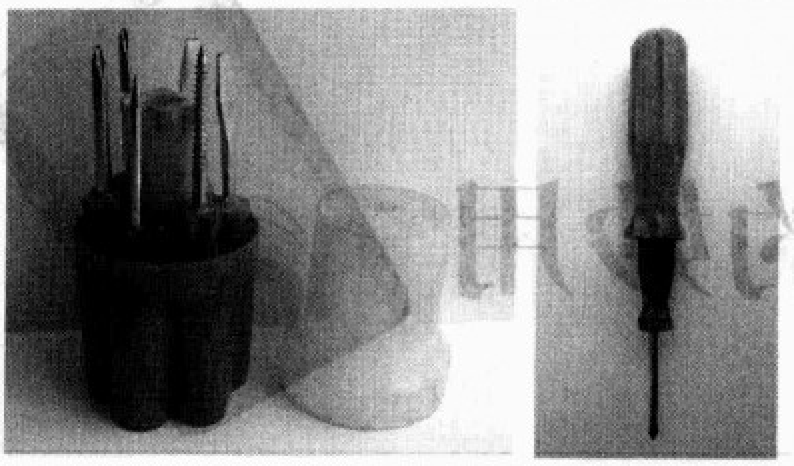


图8 螺丝刀实物图

注意：要根据螺钉的大小，选用合适的螺丝刀。螺丝刀的刃口要与螺钉槽相吻合，不要凑合使用，以免损坏刀口或螺钉。在操作时，始终注意螺丝刀杆要与螺钉帽的平面相垂直，不要倾斜。“一”字型的螺丝刀刀口不严时，可用砂轮或粗石打磨。“十”字形螺丝刀刀口若有磨损，可用钢锉锉好。此外，不要将螺丝刀当凿子用。

建议选购螺丝刀时，不妨购买图9所示的套装件。它配有多种规格的螺丝刀和一把塑料大手柄（放在盒子中央位置），大手柄可套在6把小改锥的小手柄上，使小改锥变为大改锥，拓展了使用范围。尤其所配的一把钻孔用尖头改锥和一把在木板上事先为木螺丝钉预开螺纹孔的小改锥，在



（a）外形图　（b）加长手柄图

图9 一种套装的螺丝刀

实际的电子制作中都很有用。

7.尖嘴钳

与其他钳子相比，尖嘴钳的钳头细而尖，并带有刀口，钳柄上套有绝缘套。尖嘴钳的实物如图10所示。

尖嘴钳的用途如图11所示，一般主要用来取代手指折弯细金属丝，用来夹持螺丝母或其他小零件等，还可以用刀口剪断较硬的电线或细金属丝，但不能用于剪断较粗的金属丝，以防止将尖嘴钳损坏。

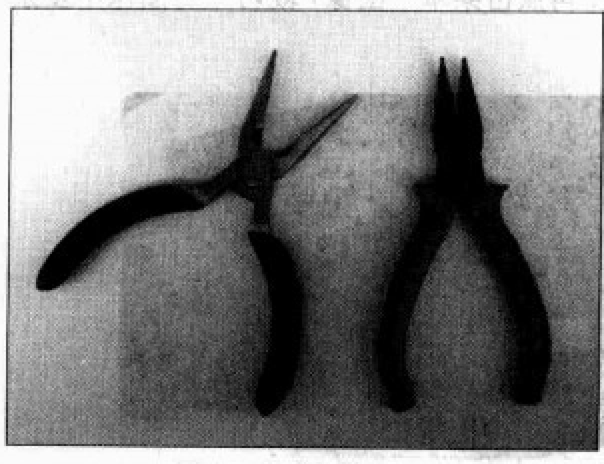
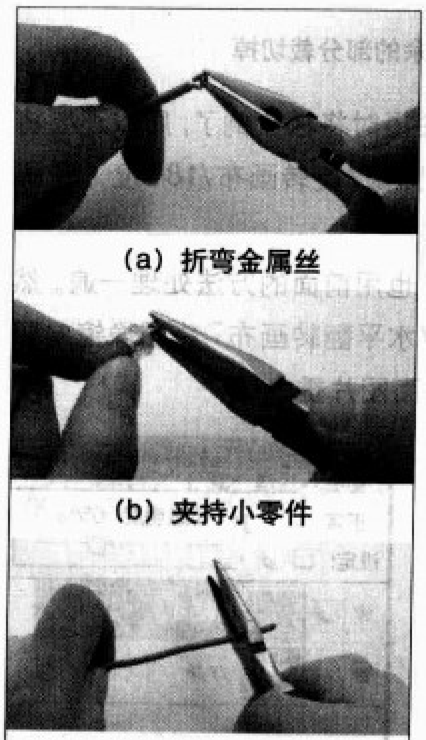


图10 尖嘴钳实物图

选购尖嘴钳时，应仔细确认尖嘴部齐整吻合，支轴部松紧适度。尖嘴部的前端细小者折弯铜线时比较好用。读者如果能够找到图12所示的医用直头手术钳（医用器械商店有售），则在许多情况下比使用尖嘴钳还要方便、灵活、自如。这种直头手术钳采用弹性好的优质钢材制成，不但具有很好的夹持力，而且具有夹紧保持功能，是焊接小元器件和拆卸电子装置时非常有用的“小巧手”。笔者使用图中的这把直头手术钳已经20多年，感觉许多情况下可以不用尖嘴钳和镊子，但不能离开直头手术钳。如果条件许可，建议读者购买一把这样的直头手术钳，相信一经使用，你就会再也离不开它！



（a）折弯金属丝

（b）夹持小零件

（c）剪断硬电线

图11 尖嘴钳的用法

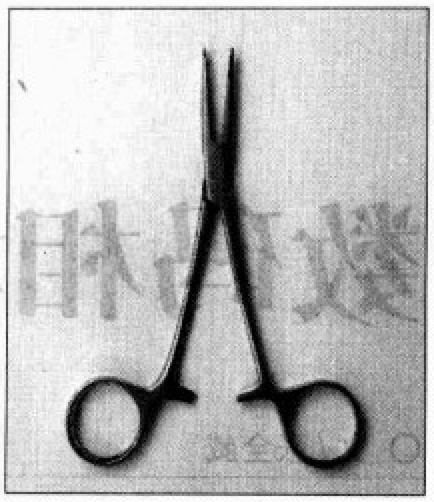


图12 直头手术钳实物图

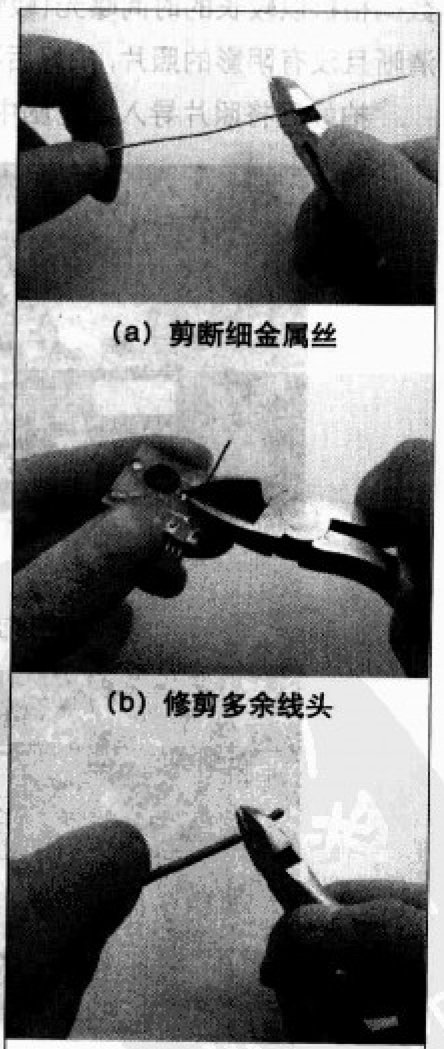
8.偏口钳

偏口钳又叫桃口钳或斜口钳，实物如图13所示。偏口钳的钳头与尖嘴钳有较大的差别，它的刀口和钳头的一侧基本上在同一个平面上。

图13 偏口钳实物图

在电子制作过程中，偏口钳主要用来剪断较粗的电线或细金属丝，修剪焊接后多余的线头，捋掉导线外层的绝缘皮等。在捋导线的绝缘外皮时，要控制好偏口钳刃口的咬合力度，既要能咬住绝缘外皮，又不会剪伤绝缘层内的金属线芯。偏口钳的使用方法如图14所示。使用偏口钳时，不能用来剪断硬度较大的金属丝，以防止钳头变形或断裂。

选购偏口钳时宜挑选大小合适、好用的产品，并注意支轴部松紧适度，刃口无缺陷。读者如果不愿意购买或使用偏口钳，也可用一把优质剪刀和一个普通的指甲刀来代用，效果不错。作者使用一个钢材比较硬的旧指甲刀已经多年，感觉它不占地方，小巧顺手，尤其在修剪电路板上焊接后多余的线头时，非常顺手。事实上，在完成一般电子制作时，偏口钳可以不用，但指甲刀却是离不开的必备小工具。



（a）剪断细金属丝

（b）修剪多余线头

（c）捋掉导线外皮

图14 偏口钳的用法

数码相机抄板的妙用

○ 文/张全威

最近笔者手头有个手机座充坏了，元件虽然不多，但没有图纸，且一个8引脚的软封装集成电路不知道是什么元件，使修理遇到了困难，于是想到将其原理图测绘出来，以供分析。然而照着实物画了几下之后感觉非常不方便，线路板拿在手上翻来覆去，就是感觉光线不够亮，渐渐没有了耐心。

有没有简单的办法呢？这时笔者看到了身边700万像素的数码相机，灵机一动，何不用它将线路板拍下来在电脑上抄板呢？说做就做，为防止拍摄时抖动，笔者将数码相机和线路板都固定起来，打开数码相机的微距拍摄和自动拍摄功能，关闭闪光灯，将镜头尽量正对线路板的正中心，按下快门后将手离开相机，让相机自动拍摄。此时虽然光线不好，但数码相机以较长的时间曝光(较慢的快门速度)，反而拍出了清晰且没有阴影的照片，拍好后再拍线路板的另一面。

拍好后将照片导入到电脑中，发现数码相机拍摄得竟然如此清晰，连色环电阻都可以直接在电脑上读出来了！拍好后的照片如图1、图2所示。

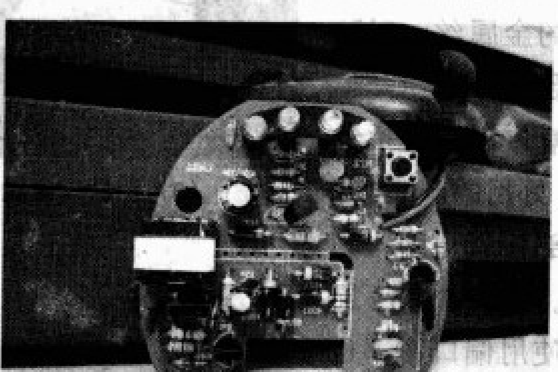


图1 元件面照片

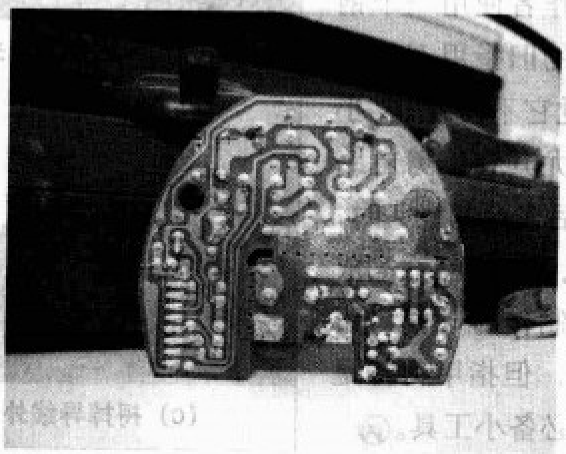


图2 敷铜面照片

下面就可以进行我们的抄板工作了。

第一步：使用PHOTOSHOP打开正反两面的照片，在元件面的那张照片上使用矩形选框工具在图片中拖出一个矩形选框，然后再点击菜单“选择/变换选区”，调整变换选区的热点，使其只选择图像的有用部分（见图3)，然后按一下回车键确认选区，再点击菜单“图像/裁切”，将图像中多余的部分去掉。

图3 将图片上多余的部分裁切掉

第二步：因本电路板在拍摄时将板放倒了，所以还要将其正过来，在这里点击菜单“图像/旋转画布/180度”，使画面旋转180°。

第三步：将敷铜面的照片也用前面的方法处理一遍。然后点击菜单“图像/旋转画布/水平翻转画布”将图像镜向翻转，这样敷铜面才可以和元件面图片重合。

第四步：选择敷铜面的图片的窗口，按键盘“Ctrl+A”，选中整张图片，然后再按键盘“Ctrl+C”，复制图片。选中元件面图片的窗口，按键盘“Ctrl+V”，将敷铜面图片粘贴到元件面窗口，并自动生成一个名为“图层1”

图4 调整不透明度

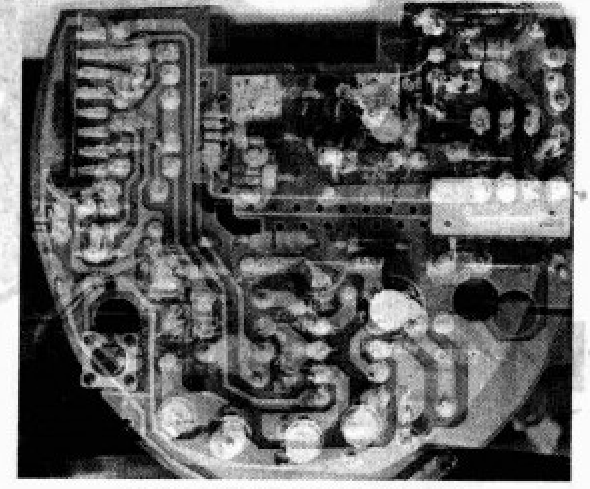


图5 不透明度调整后的效果

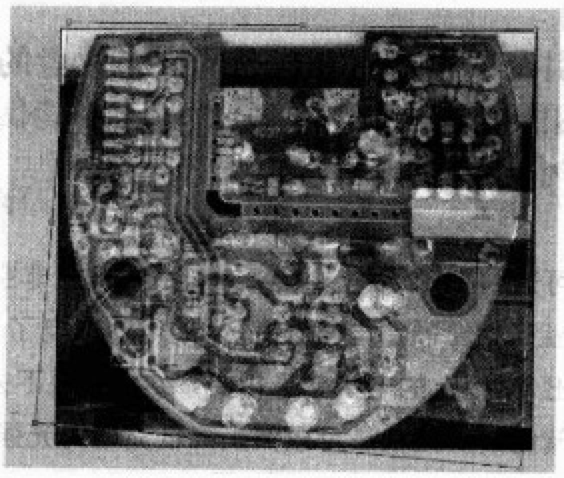


图6 自由变换图像，使两个图像重合

的新图层。然后拖动不透明度滑杆（见图4），边拖动边观察，使敷铜图层变得半透明，直到两个图层都能看清楚为佳（见图5）。

第五步：可以看到图5中电路板的正反面并没有重合，我们使用“自由变换”工具来使其重合。点击菜单“编辑/自由变换”，然后按住键盘上的“Crtl”键，用鼠标仔细拖动图像上的热点，使两幅图像完全重合。调整好后的效果见图6。

第六步：按一下回车键，将变换后的图层固定下来，可以看到电路板正反两面都可以在画面里看到了。好了，现在可以打开PROTEL开始抄板了。

先将公共地线和电源端找出来，为这些线路涂上特别的颜色，这样在绘图时就一目了然。在PROTEL里遇到该颜色的敷铜线直接放置相应的电源端口符号就可以了。例如我将电源涂成红色，公共地涂成蓝色，这样当我遇到某元件的引脚接到红色的区域了，就直接在该引脚上放置一个“⏚”就可以了，如果接到了绿色的区域，放置一个“VCC”就可以了，非常方便。

每当测绘好一个地方，便在PHOTOSHOP中用画笔工具将已经绘过的地方涂上颜色，这样就保证了测绘时不会遗漏或者重复绘制某些电路，比照实物画方便多了（见图7）。

绘制过程中可以不断调整不透明度，以便自己观察清楚，也可以根据需要，点击图层1左边的那只眼睛，临时关闭或者开启敷铜层。

可以考虑使用颜色填充工具将敷铜填充上颜色，再用魔

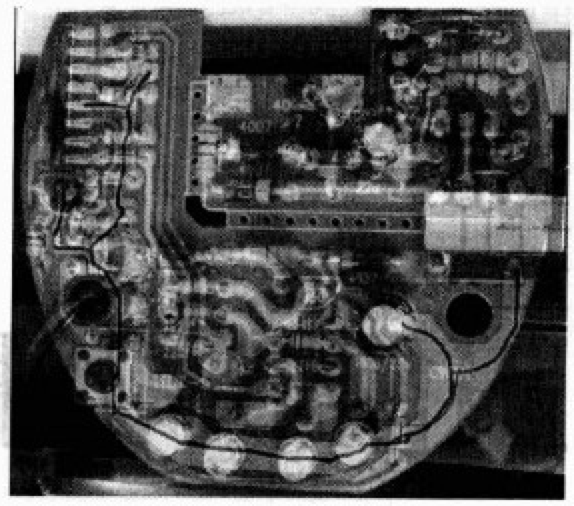


图7 正在绘制中的过程

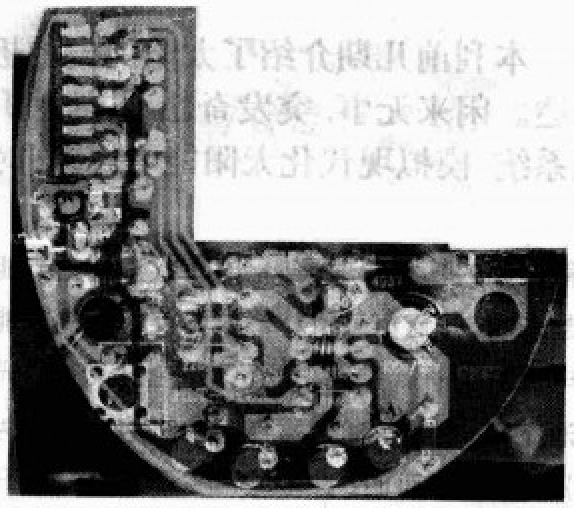


图8 用颜色填充敷铜，然后删除非敷铜部分后的效果

棒工具将非敷铜区域选取，然后删除非敷铜区域的图像，这样得到的图形更容易观察（见图8）。

其实使用的数码相机有300万像素就足够了，用PROTEL画草图时尽量将图纸调大，因为我们在画草图时一般元件摆放得都比较松散。最后将画好的草图另存一份，然后再对草图进行重新布局和修改，使画好的原理图更易阅读。

本例画好的电路如图9所示，电路省略了前面的电子变压器部分，经过对原理图进行分析，认定那个8引脚的软封装IC是一个8引脚的双运放/比较器，读者可以自行分析一下该充电器的原理。

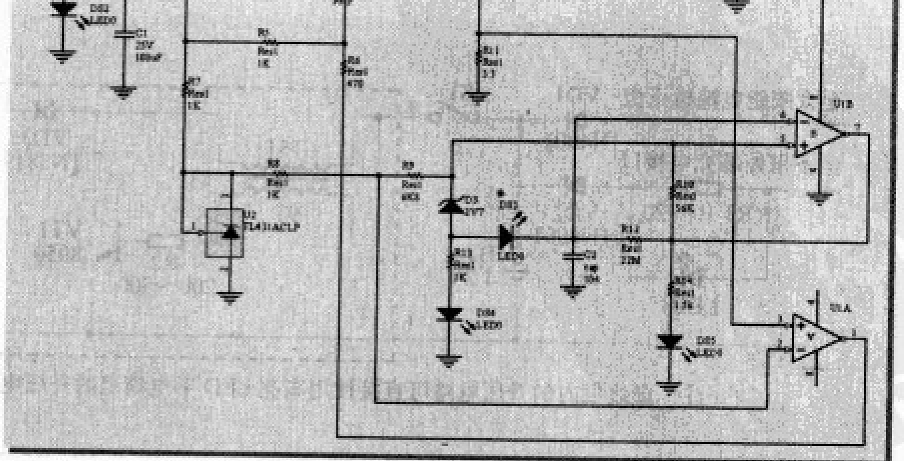
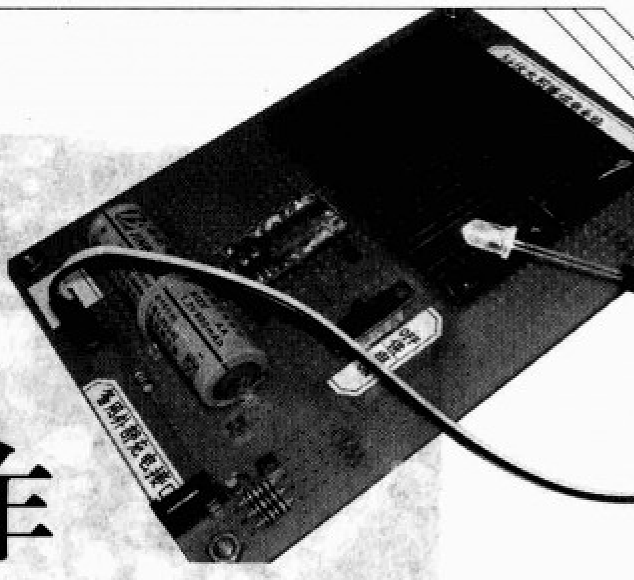


图9 用PROTEL画好的原理图



小型 太阳能供电板的制作

○ 文/江肖

本刊前几期介绍了太阳能电池板及相关的小制作，引发了包括笔者在内的许多读者的兴趣。闲来无事，突发奇想，决定利用手头上的两块太阳能电池板DIY一个微型太阳能供电系统，模拟现代化太阳能电源，同时也可以用它给一些小装置供电玩玩。

太阳能电源的基本原理是：平时将收集到的光能转化为电能储存起来，在开启负载时就释放储存起来的电能。典型的太阳能电源的例子就是太阳能路灯：在白天有阳光照射时便为蓄电池充电，夜晚就通过蓄电池向灯泡（现多为低功耗高亮LED）供电用以照明。许多城市主干道路灯已开始使用这种太阳能电源。一个实际的太阳能电源是比较复杂的，但不管有多么复杂，其原理是万变不离其宗的。当然，我们制作一个微型的太阳能电源没有必要做得那么复杂。

太阳能供电板的原理及设计

在了解了实际的太阳能电源后，笔者就开始设计太阳能供电板了，我的整体思路是：通过太阳能电池板给1.2V可充电电池充电储能，然后利用升压电路将1.2V升压至3V以上供负载使用。有人可能会说了：为什么不直接用几节充电电池串联来储能和输出呢，这样不就可以省略升压电路了？为什么中间要转这么一道弯呢？因为我们是要用太阳能电池板来给电池充电的，毕竟太阳能电池板产生较高电压的机会不多，可充电电池自身电压过高后会导致充电无法进行。我手头的这一种太阳能电池板，在室内靠窗光线比较好的地方输出电压便可达到1.2V以上（连接在电路中时，非空载状态下），这样就开始给额定电压为1.2V的电池充电了，但如果要使它输出3V以上的电压就恐怕要拿到太阳底下去了。用一节电池储能的好处就是可以大大降低充电对光强的要求，延长给电池充电的时间。

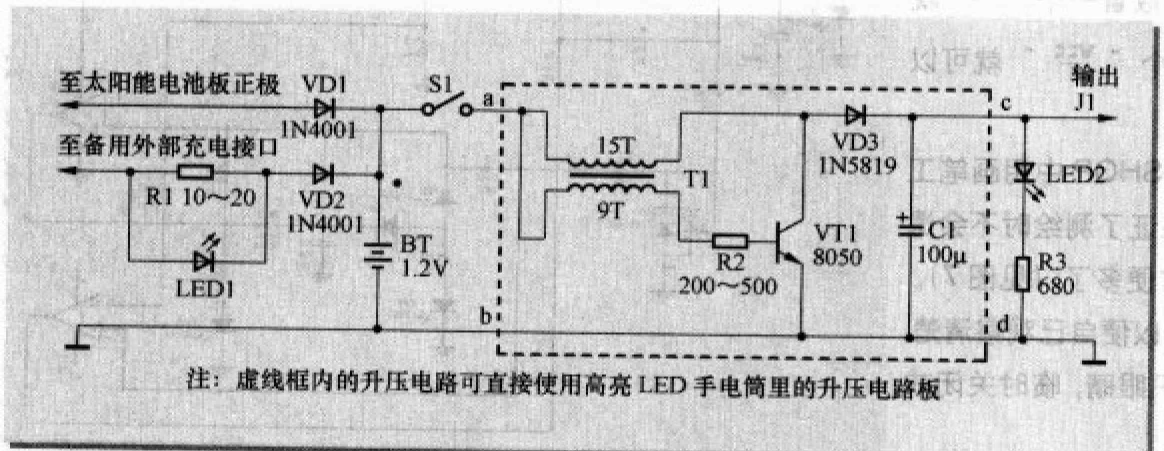


图1

太阳能供电板的电路如图1所示。由VD1、GB构成系统的太阳能充电电路。平时，只要达到一定光强，太阳能电池板便通过二极管VD1为充电电池BT充电，直至饱和。除了太阳能充电方式外，我还设计了备用的外部直流电源充电接口以防不时之需。外部充电电路由R1、LED1、VD2、GB构成，R1选用功率为1W的电阻，当R1为10Ω的时候，最佳外部充电电压为3~4V，LED1为外部充电指示灯，它是利用电阻R1上的压降来点亮的。后面的升压电路是运用间歇振荡器的快速关断（截止）的特性而实现升压的。S1为供电开关，当S1闭合后升压电路开始工作，太阳能供电板便可驱动负载，J1为输出接口，LED2是输出指示灯。

元器件选择

市售的太阳能电池板的价格普遍较高，我们没有必要去买很大的太阳能电池板，适中即可。经实测，笔者在本制作中使用的太阳能电池板单个的开路电压可达到4.2V，短路电流可达38mA。整个系统是在万用电路板（俗称"洞洞板"）上搭建的，所以需要准备一块万用电路板。图2是准备好的两块太阳能电池板和洞洞板。电池选用一颗额定电压为1.2V的普通5号镍氢充电电池即可。升压电路可以使用单电池高亮LED手电筒里面现成

的升压电路板。笔者就是拆的一支废弃的单电池高亮LED手电筒里面的升压电路板。如需自己做，电感T1用Φ 0.4mm的漆包线在Φ 8mm的小磁环上分别绕15圈和9圈，小磁环可以从废弃节能灯中拆出，若找不到二极管IN5819，可用IN4148代用，C1选用100 μ F的钽电容，如果没有，也可用等值电解电容代替，只是效率稍低一些。

制作过程

首先剪一小段金属丝焊接在太阳能电池板的两个电极上作为引脚（图3），以便于连接和固定在电路板上。两块太阳能电池板是正极对正极、负极对负极（上面有标识）并联起来使用的，这样可以有效地增强太阳能电池板提供电流的能力。安装好太阳能电池板后如图4所示。

安装储能用的充电电池，也可以采取图3所示的方式将电池正负端连接至电路板，也就是在电池两极焊上引脚固定至电路板，为了稳定，可以用带尖的金属工具在电路板上钻孔后再用尼龙捆扎带加固（图5）。

接下来把在废旧单电池高亮LED手电筒里拆下来的小块升压电路板连接在电路板上。拆下来的升压电路板中连接电池的2根线正极接图1中的a点，负极接b点；连接LED灯的两根线，正极接c点，负极接d点即可。笔者制作时，升压电路板是通过杜邦排针与下面的主电路板连接的（图6），你也可以采取自己的方法，只要便于制作就行。如果自己做升压电路，直接在洞洞板上走线即可，元器件选择在上文已有详细说明，不再复述。

图7是制成后的太阳能供电板，制成后就可以给一些小装置供电了，比如手电筒、收音机之类的。接几个白色高亮LED，就成为一个太阳能LED手电筒，图8是太阳能供电板点亮高亮LED的情景。

由于笔者制作时没有考虑到体积问题，也缺乏这方面的经验，电路板选择得有点大，也没做外壳，很不便于携带，所以希望爱好者在制作时发挥想象力，将外形设计得精致小巧，使之在美观的同时更加便于携带，增加实用性。

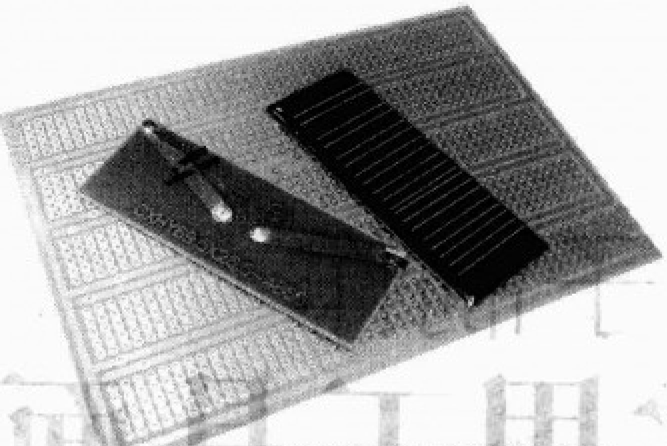


图2 洞洞板和太阳能电池板

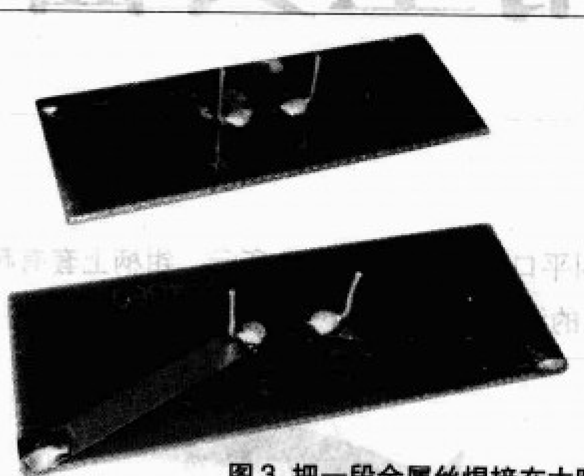


图3 把一段金属丝焊接在太阳能电池板的电极上

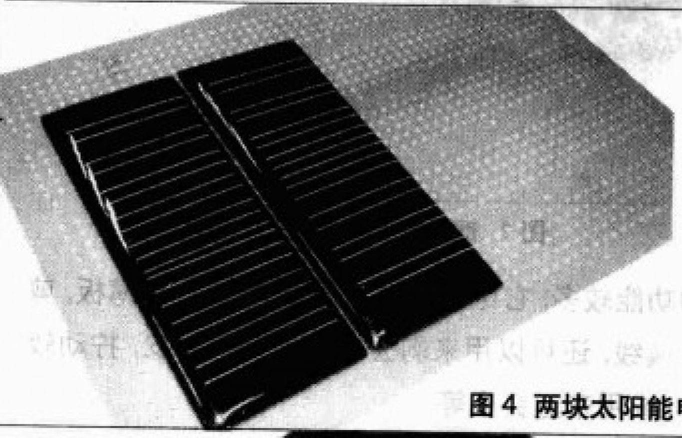


图4 两块太阳能电池板并联使用

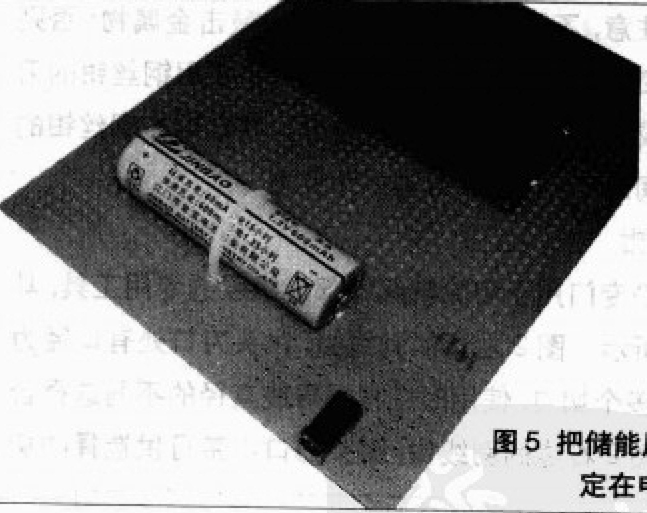


图5 把储能用的充电电池固定在电路板上

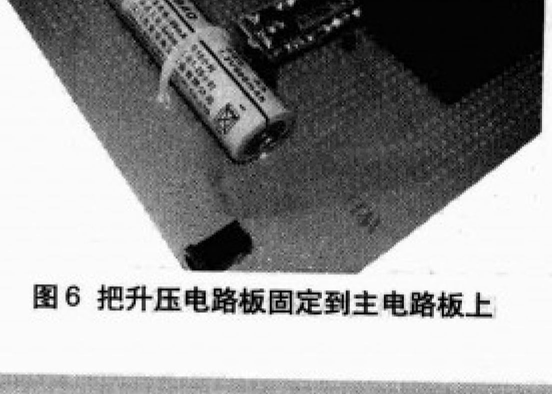


图6 把升压电路板固定到主电路板上

图7 制成的太阳能供电板

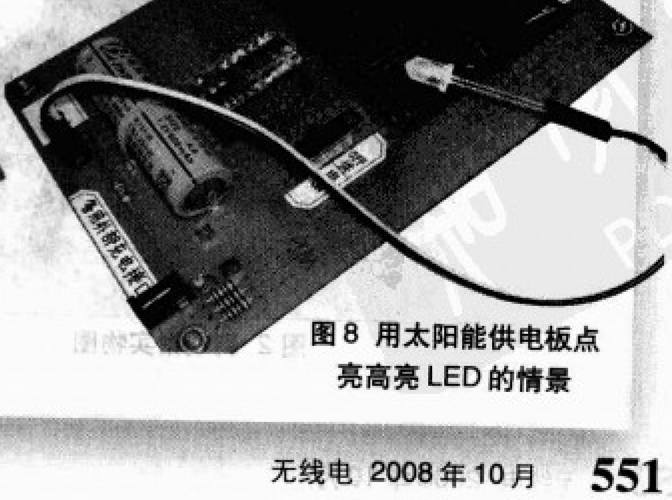


图8 用太阳能供电板点亮高亮LED的情景

电子制作常用工具面面观（2）

○ 文/张晓东

9.钢丝钳

钢丝钳又叫平口钳，其实物如图1所示。钳柄上套有耐压为500V以上的绝缘套。

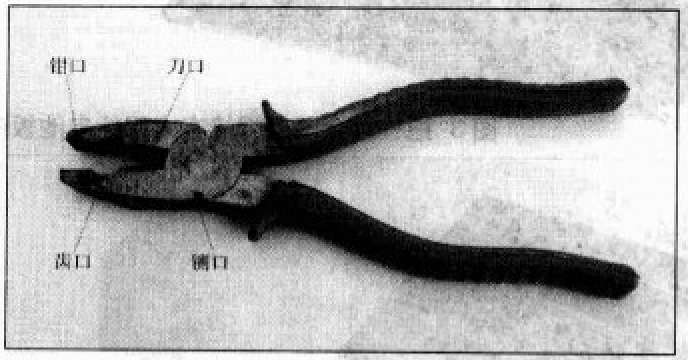


图1 钢丝钳实物图

钢丝钳功能较多，它可以夹持、弯扭和剪切金属薄板，剪断较粗的金属线，还可以用来剥去导线的绝缘外皮，拧动较大的螺丝母，或用来起钉子等。

使用时注意，不要把钢丝钳当锤子去敲击金属物，否则会造成钳轴变形，使钢丝钳动作不灵活；不要用钢丝钳的刀口去剪过粗或过硬的钢丝，以防止卷刃。要定期在钢丝钳的钳轴处注入润滑油，以保持钳轴动作灵活。

10.剥线钳

剥线钳是专门用于剥除电线端部绝缘层的专用工具，其实物如图2所示。图2左边的剥线钳，钳头刀口处有口径为0.5~3mm的多个切口，使用时应根据导线直径的不同选择合适的切口。图2右边的剥线钳，钳头刀口不带可供选择的切口，但给有剥线头长度显示和剪切电线的刀口，使用更显方便。

图2 剥线钳实物图

11.小型台钳

台钳并不是初学者必备的工具。但拥有一台图3所示的可在工作台面边沿或木凳子上卡固的小型台钳（也叫桌虎钳），用来夹紧各种加工件，以便割锯、锉削和打孔等，就会感觉十分得心应手。这种小型台钳附有小铁砧子，可用锤子来敲打小金属板、砸铆钉等，用途更为广泛。但注意不可用来敲击大体积的加工件，否则台钳中的丝杠容易被砸弯，钳口也容易砸坏。

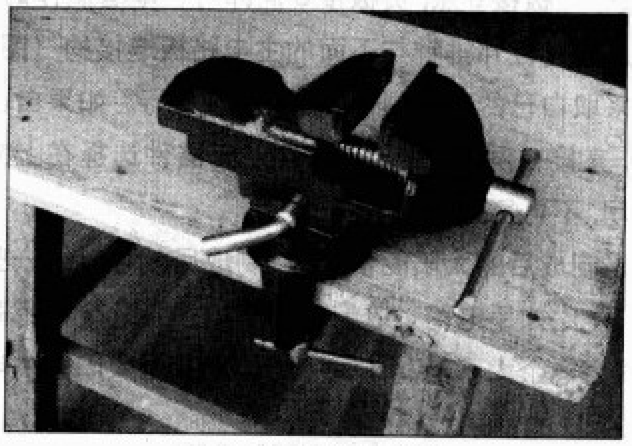


图3 小型台钳实物图

作者购买了一台专门为精密作业特制的吸附式迷你台钳，其实物图如图4所示。这个与众不同的吸附式台钳最大可夹持40mm的工件，其橡胶吸盘底座可以很牢固地将台钳吸附在玻璃桌面等光滑的台面上，安装和拆卸都很容易。该台钳一般不用于机械加工场合，专门用于夹固线路板和小零件等，以方便电子制作中的焊接和拆卸，能充分发挥出“第三只手”的功

图4 吸附式小型台钳实物图

能。如果条件许可，建议读者购买一台这样的吸附式台钳，它的售价为23元。

12.手钢锯

手钢锯是一种使用方便的锯割工具，其实物如图5所示。锯弓通常是活络的，可以配用200mm、250mm或300mm长度的锯条。在锯弓上安装锯条时，锯齿尖端要朝前方（参照物是手柄），不可向后，否则操作起来很困难；锯条的松紧要合适，一般以两个手指能把紧固锯条的元宝螺母拧紧为度。

在电子制作中，由于手钢锯一般只用来锯割各种体积不大的金属板或电路板等，所以购买一把小号的手钢锯就能满足需要。

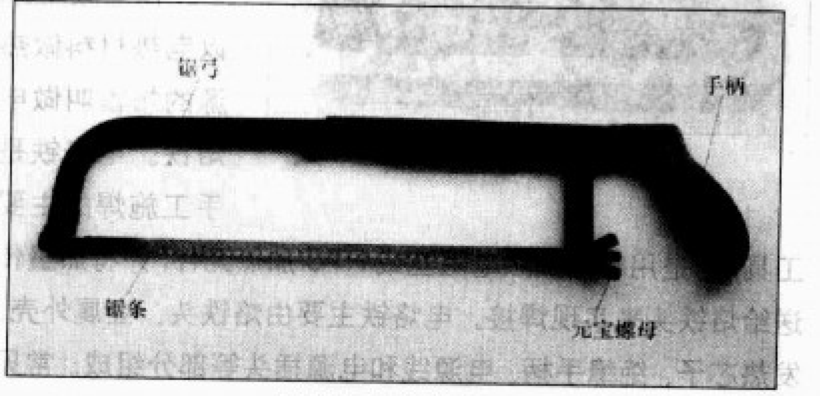


图5 手钢锯实物图

13.小钢锉

小钢锉可用来锉平机壳开孔、金属板或绝缘板的毛边以及锉掉电烙铁头上的氧化物等。钢锉的规格很多，电子爱好者一般选用图6所示的小型平锉（又称板锉）、三角锉等，便可满足各种需要。

使用小钢锉时应当注意：钢锉较硬脆，敲击时易断裂，不允许当作其他工具（如撬棒、锥子、锤子等）使用；应尽量一面用钝后再用另一面，并充分利用钢锉的全长，这样可以延长小钢锉的使用寿命。

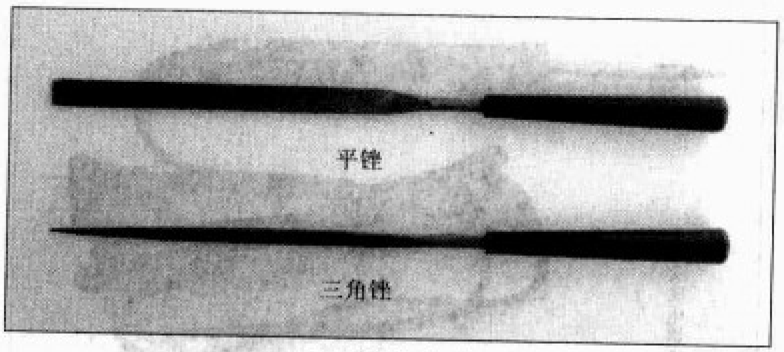


图6 常用小钢锉实物图

建议读者选购钢锉时，不妨购买图7所示的套装件。它一般配有10个品种，有平锉、三角锉、方锉、半圆锉、扁圆锉、圆锉等多种形状，钢锉的齿纹又分单齿纹和双齿纹两种。这种套装件适应性较强，尤其在加工机壳上各种形状和大小的安装孔时非常得心应手。笔者购买的这套合金钢锉，长度（含手柄）均为140mm，售价为20元。

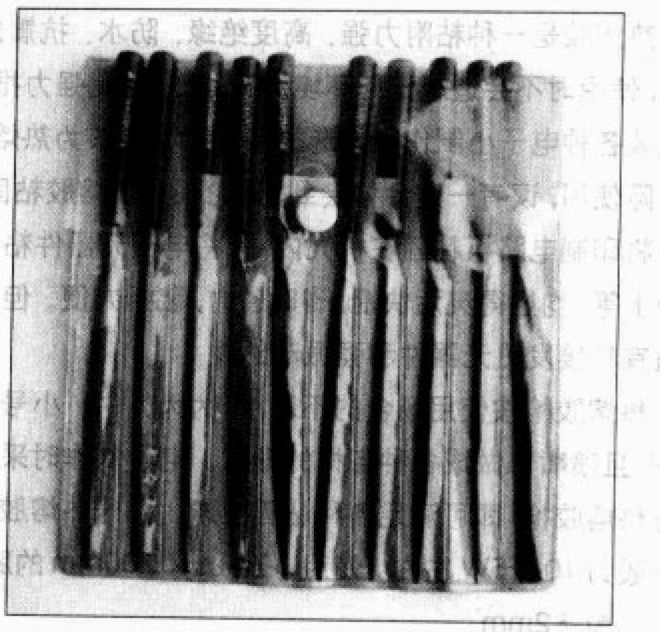


图7 一种套装钢锉

14.锤子

锤子又叫榔头、手锤、掌锤，它是一般家庭常用的工具。在电子制作中，可用来敲金属板、砸铆钉等。应选购图8所示的能起钉子的羊角锤，它在加工木制外壳时尤为适用。

15.热熔胶枪

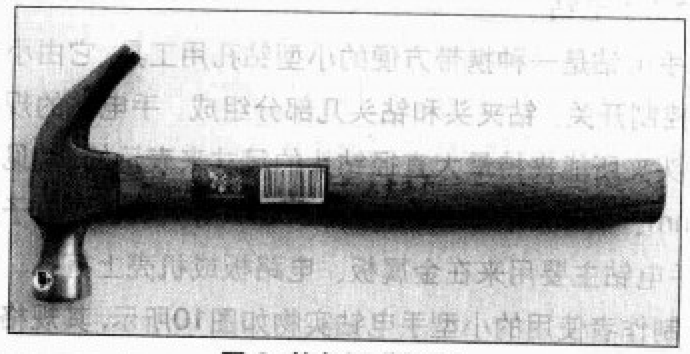


图8 羊角锤实物图

热熔胶枪是一种专门用来加热熔化热熔胶棒的专用工具，其实物如图9所示。热熔胶枪内部采用居里点≥280℃的PTC陶瓷发热元件，并配设紧固导热结构，当热熔胶棒在加热腔中被迅速加热熔化为胶浆后，用手扣动扳机，即从喷嘴中挤出胶浆，供直接粘固用。

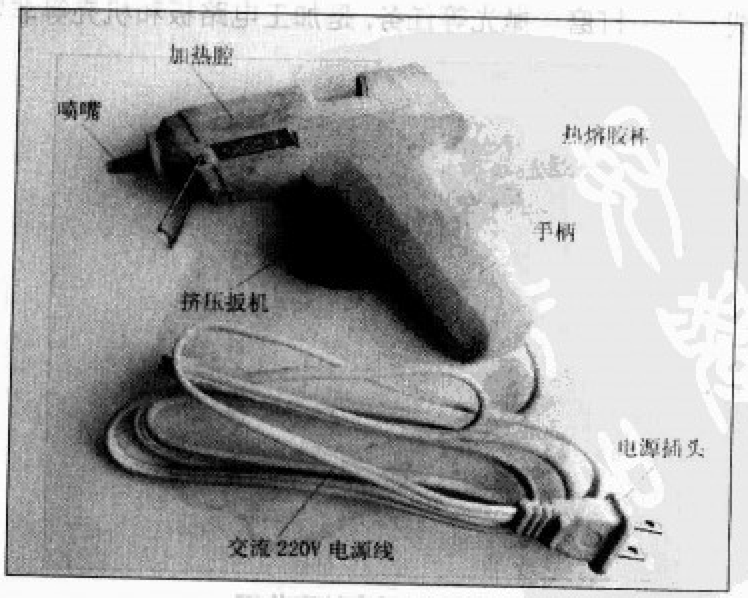


图9 热熔胶枪实物图

热熔胶是一种粘附力强、高度绝缘、防水、抗震的粘固材料，使用时不会造成任何环境污染。笔者在此强力推荐，个人组装各种电子小制作时首选的粘固材料应该为热熔胶。通过实际使用，读者一定会体会到，无论采用热熔胶粘固机壳，还是将印制电路板粘固在机壳内部、将电子元器件粘固在绝缘板上等，均显得灵活快捷，省时省力，装拆方便。但注意它不适宜粘接发热元器件和强振动部件。

热熔胶枪按使用场合的不同，分为大、中、小号三种规格，并且喷嘴可做成各种各样的形状。电子制作时采用普通小号热熔胶枪，即可满足各种粘固要求。小号热熔胶枪的耗电一般为10~15W左右，使用ϕ7mm × 200mm的胶棒，喷嘴尺寸为ϕ2mm。

热熔胶枪在进行大批量粘固时，既方便快捷，又提高效率。但个人进行电子小制作时由于每次的粘固量不是很大，使用热熔胶枪有时反而发挥不出应有的优势，往往每次漏失的胶浆多于粘固所用的胶浆。笔者采用电烙铁加热熔化热熔胶棒的方法进行粘固，既简便易行，又省事省时，还节省了购买热熔胶枪的费用，读者不妨一试。

16.手电钻

手电钻是一种携带方便的小型钻孔用工具，它由小电动机、控制开关、钻夹头和钻头几部分组成。手电钻的规格是以钻头夹所能夹持最大直径钻头的尺寸来表示的，常见的有ϕ3mm、ϕ6mm、ϕ10mm、ϕ13mm等几种。在电子制作中，手电钻主要用来在金属板、电路板或机壳上打孔。适合电子制作者使用的小型手电钻实物如图10所示，其规格多为ϕ3mm，可夹持最小ϕ0.5mm、最大ϕ3mm的多种钻头，以满足不同需要。

建议选购手电钻时，不妨购买图11所示的电钻/电磨套装件。它配有ϕ0.5mm、ϕ1mm、ϕ1.5mm、ϕ2mm、ϕ2.5mm和ϕ3mm五种规格的钻头夹，以及与钻头夹适配的钻头、交流220V/直流12V电源变换器、4个小砂轮等，可完成钻孔、打磨、抛光等任务，是加工电路板和机壳等非常得心应手的工具。笔者购买的这套电钻/电磨工具，全部装在尺寸为215mm × 145mm × 75mm的塑料盒内，价格为75元。

图10 手电钻实物图

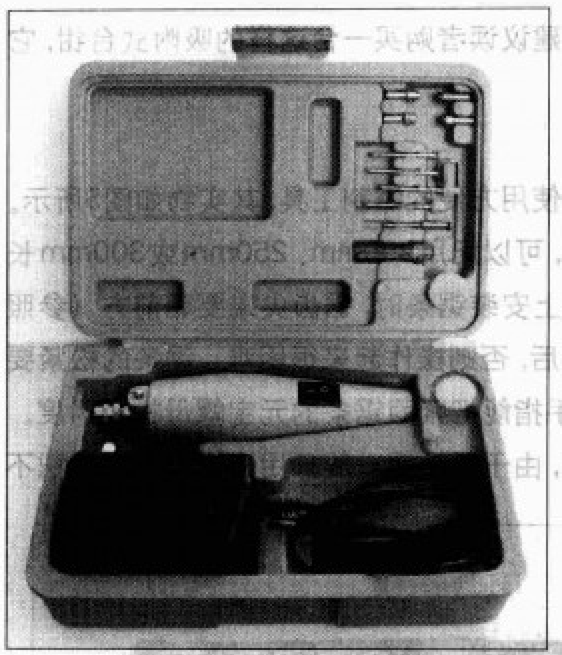


图11 一种套装的手电钻

17.电烙铁

用电做能源，以电热材料做热源的烙铁叫做电烙铁。电烙铁是手工施焊的主要工具，它是用电来加热电阻丝或PTC加热元件，并将热量传送给烙铁头来实现焊接。电烙铁主要由烙铁头、金属外壳、发热芯子、绝缘手柄、电源线和电源插头等部分组成。常见的电烙铁有外热式、内热式、速热式和吸锡电烙铁等多种，功率有16W、20W、25W、30W、35W、45W……规格。同一种类的电烙铁，功率越大，体积也越大。电烙铁的功率越大，可焊接的元器件体积也越大。

电烙铁是电子制作中必备的工具，元器件的安装和拆卸都需要用到它。业余电子制作以选用16~25W的电烙铁比较合适。图12所示为电子爱好者常用的两种电烙铁，其中尖头电烙铁常用来焊接较细小的元器件，扁头电烙铁一般用来焊

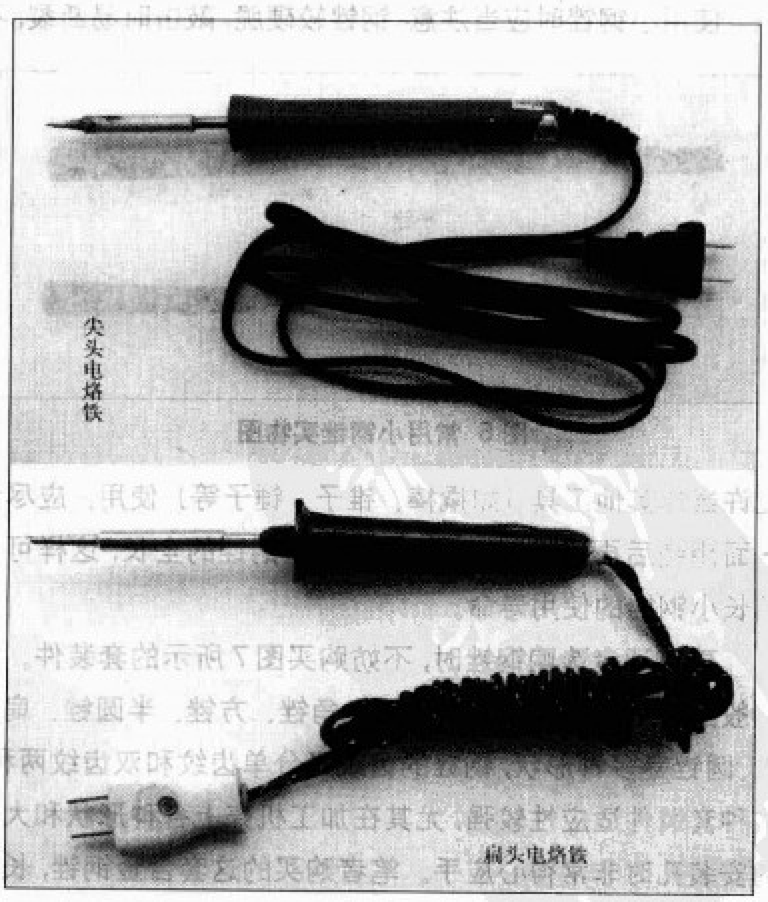


图12 两种电烙铁实物图

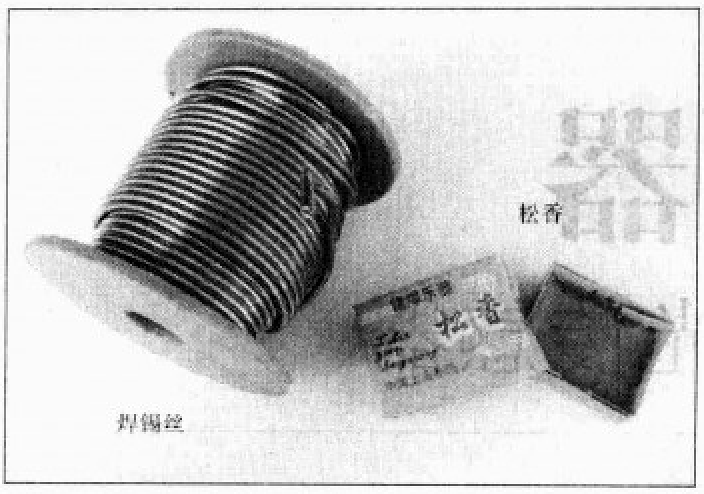


图 13 焊锡丝与松香

图 14 电烙铁实物图

接较大的元器件。由于这两种电烙铁的发热芯子都是安装在烙铁头里面，所以统称为内热式电烙铁。内热式电烙铁的特点是体积较小，发热快，耗电省，在连续使用中，烙铁头工作面温度可保持在250℃左右，而且更换烙铁头和电发热芯也比较方便。

以往的内热式电烙铁为紫铜烙铁头，发热芯子全部采用电热丝绕制，寿命不是很长；现在大部分烙铁头采用了镀有保护层（如锌）的铜头，具有极强的抗腐蚀能力，发热芯子则采用了新一代半导体PTC陶瓷材料，其外形与电热丝芯子一致，可以互换使用。采用了抗腐蚀的烙铁头和PTC发热芯子的电烙铁，有着"长寿命电烙铁"之称，它不仅使用寿命一般高达2000小时以上，而且可以防静电、防感应电，能直接焊接CMOS器件。图12所示的尖头电烙铁，就是这种"长寿命电烙铁"，虽然它的售价比普通产品贵了1倍左右，单价在15元~25元之间，但却具有较高的性价比，建议读者作为购买时的首选产品。但应注意，这种电烙铁在初次使用时，不能用砂纸或钢锉打磨烙铁头，如将其表面的镀层打磨掉，就会使烙铁头不再具有耐腐蚀性。

用电烙铁进行焊接时，所用的焊锡和焊剂如图13所示。为方便使用，焊接电子元件用的焊锡通常做成焊锡丝的形式，焊锡丝内一般都含有助焊的松香。常见焊锡丝采用60%的锡和40%的铅合成，其特点是使用方便、熔点较低、焊点光亮。焊锡丝一般的五金商店均有售，购买时注意宜选含锡量高的产品。松香是电子爱好者使用最普遍的一种助焊剂，它的主要作用是防止烙铁头在高温时氧化，并且能够增强焊锡的流动性，使焊接更容易进行。松香既可以直接用，也可以溶解在无水酒精中配成松香溶液。松香可在文化用品商店或乐器专买店中购买到。

实际使用时，为了防止电烙铁烫坏桌面，加热后的电烙铁暂不用时，必须按照图14所示放在专门的烙铁架上。烙铁架可以购买图14上边所示的成品，也可参照图14下边所示，自己动手用铁皮或粗铁丝等弯制。使用图14上边所示的成品烙铁架，还有一个方便有用的功能：就是烙铁架的底座上配有一块耐热且吸水性好的圆形海绵体，使用时加上适量的水，可以随时用于擦洗烙铁头上的污物等，保持烙铁头的光亮。

新买来的电烙铁在使用前，必须先给烙铁头挂上一层锡，俗称"吃锡"。具体方法是：先接通电烙铁的电源，待烙铁头可以熔化焊锡时，用湿毛巾将烙铁头上的漆擦掉，再用焊锡丝在烙铁头的头部涂抹，使尖头覆盖上一层焊锡。也可以把加热的烙铁头插入松香中，靠松香除去尖头上的漆，再挂焊锡。对于普通的紫铜烙铁头，可先用小刀刮掉烙铁头上的氧化层，待露出紫铜光泽后，再按上面的介绍挂上焊锡。给烙铁头挂锡的好处是保护烙铁头不被氧化，并使烙铁头更容易焊接元器件。一旦烙铁头"烧死"，即烙铁头温度过高使烙铁头上的焊锡蒸发掉，烙铁头被烧黑氧化，焊接元器件就很难进行，这时需要用小刀刮掉氧化层，再重新挂锡后才能使用。所以当电烙铁较长时间不使用时，应拔掉电源防止电烙铁"烧死"。

使用电烙铁要特别注意安全，必须认真做到以下几点：电烙铁的外壳应妥善接地。每次使用前，都应认真检查电源插头和电源线有无损坏，烙铁头是否松动。使用过程中严禁任意敲击、摔打电烙铁，烙铁头上焊锡过多时，可用布擦掉。焊接过程中，电烙铁不能到处乱放，不焊接时应将电烙铁放在烙铁架上，严禁将电源线搭在烙铁头上，以防烫坏绝缘层而发生事故！使用结束后，应及时切断电烙铁电源，待完全冷却后再收回工具箱。

光控路灯控制器

——巧用太阳能电池作光传感器

○ 文/门宏

太阳能电池具有光生伏打效应，在光的作用下即产生电压，因此，太阳能电池也可以作为光传感器应用。本文介绍的光控路灯控制器，就是将太阳能电池作为光传感器应用的一个实例。光控路灯控制器能够实时检测环境光，并依据环境光的变化自动控制路灯的开启或关闭。

一、光控路灯控制器电路原理

光控路灯控制器电路如图1所示，包括主控电路、光控电路、电源电路等部分，图2为其原理方框图。

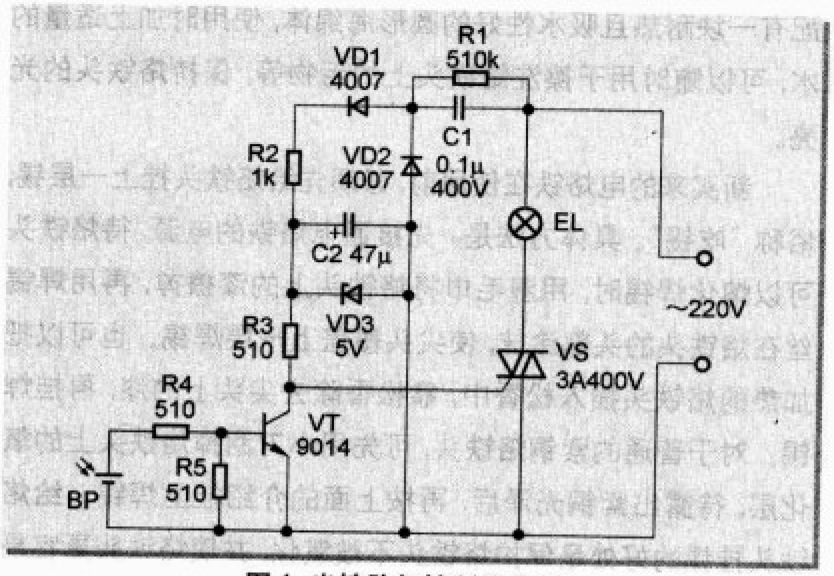


图1 光控路灯控制器电路

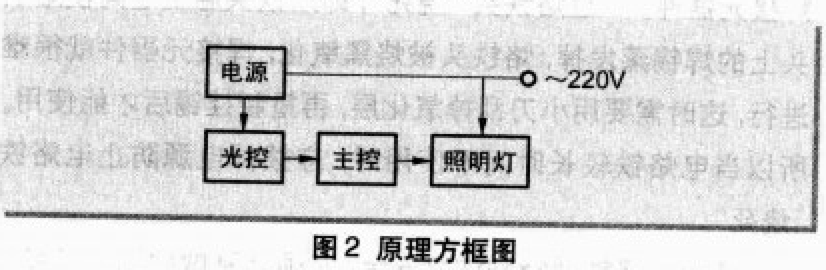


图2 原理方框图

1. 控制原理

主控器件采用双向晶闸管VS，实现了无触点开关控制，体积小、寿命长、造价低、开关速度快。太阳能电池BP和晶体管VT等组成光控电路，控制双向晶闸管VS的导通与截止。

光控原理可用图3说明：无光照时（夜晚），太阳能电池BP无输出电压，晶体管VT因无基极偏置电流而截止，+5V电压加至双向晶闸管VS控制极，使VS导通，照明灯EL点亮；有光照时（白天），太阳能电池BP在光照下产生输出电压，使晶体管VT导通，将+5V电压旁路，双向晶闸管VS因失去控制极触发电压，在过零时截止，关闭照明灯EL。

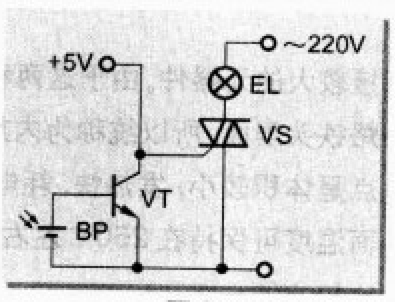


图3

2. 电源电路

电容器C1、整流二极管VD1和VD2、稳压二极管VD3等组成电容降压整流电源电路，为控制电路提供+5V电压。C1（0.1μF）为降压电容器，在220V、50Hz电源下可提供约6.9mA电流。交流电正半周时，220V电源经C1降压、VD1整流、C2滤波、VD3稳压后，输出+5V直流电压。VD2为续流二极管，在交流电负半周时为C1提供充放电通道。R1为C1的泄放电阻。

采用电容降压、整流电源电路，具有电路简单、功耗低、成本低的优点。缺点是整个电路带220V市电，调试和使用中应特别注意人身安全！

二、主要元器件选用

太阳能电池BP可选用计算器（图4）上普遍应用的太

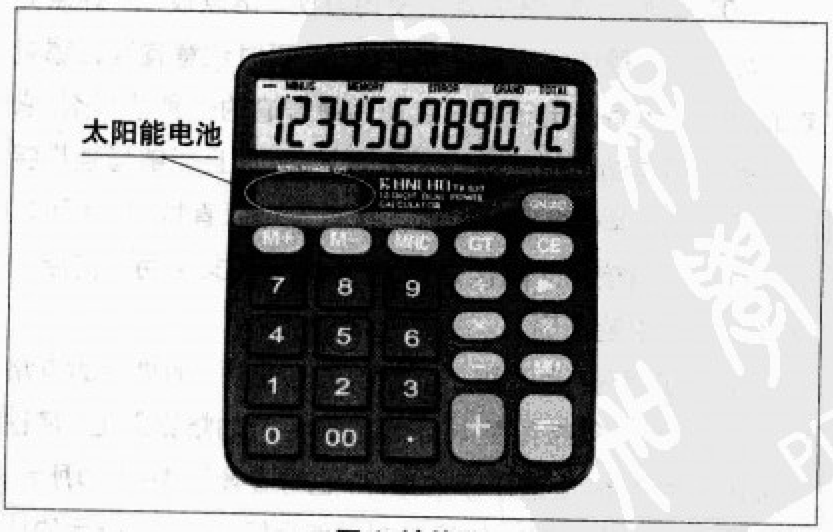


图4 计算器

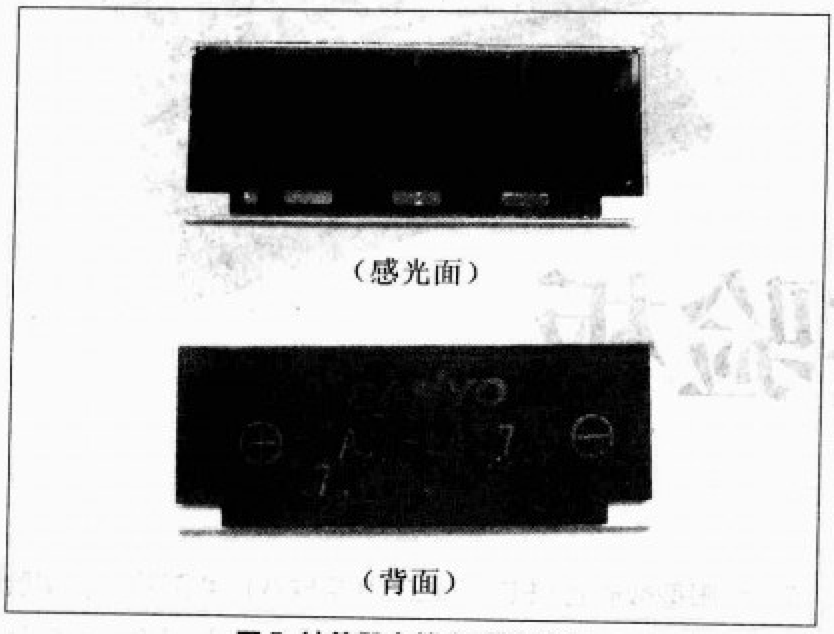


图5 计算器上的太阳能电池

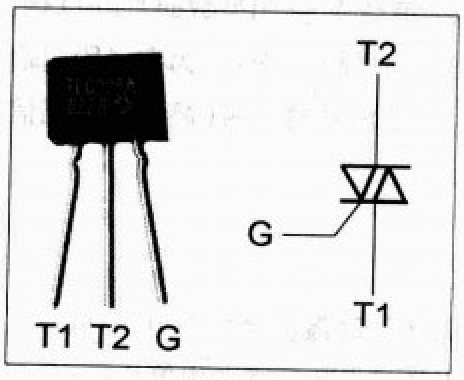


图6

阳能电池板(见图4)，尺寸约14mm×35mm，开路电压约2V。C1选用0.1μF、耐压400V以上的电容器。双向晶闸管VS（见图6）要求耐压400V以上，额定电流应根据所控制的照明灯功率选择，例如，图1电路中VS为3A、400V，可控制不超过600W的照明灯。其余元器件如图1所示，无特殊要求。

三、制作与调试

图7为光控路灯控制器电路板，除太阳能电池板、照明灯泡外，所有元器件均安装在此电路板上。太阳能电池板和照明灯泡用绝缘导线与电路板连接。

由于整个电路带220V市电，调试时应使用隔离变压器，以保证人身安全。使用隔离变压器连接时如图8所示，T为

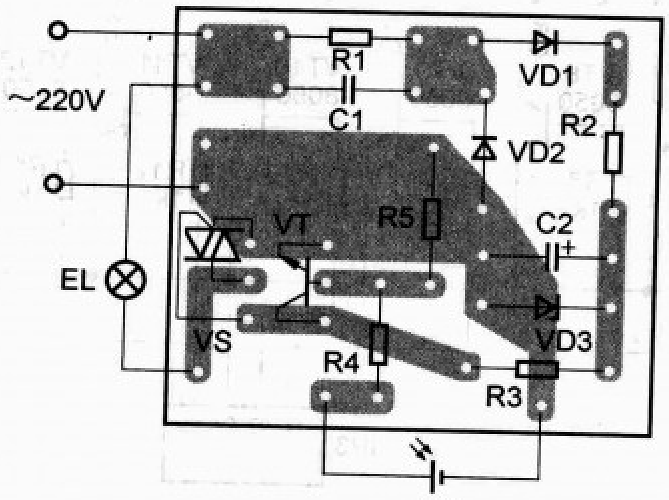


图7

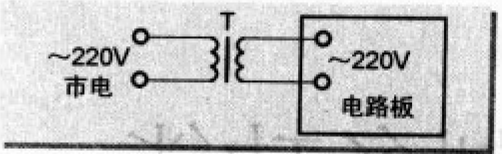


图8

隔离变压器。

调试内容主要是光控灵敏度。在希望照明灯点亮（或熄灭）的环境光照下，调节R5使照明灯刚刚点亮（或刚刚熄灭）即可。如果希望照明灯在更暗的环境光照下点亮（或熄灭）应增大R5，如果希望照明灯在更亮的环境光照下点亮（或熄灭）应减小R5，必要时也可适当调节R4。

制作调试好的电路板应装入绝缘外壳，最终完成的光控路灯控制器如图9所示。太阳能电池板可以固定在绝缘外壳表面，也可以根据实际需要固定在其他地方，用较长导线连接。

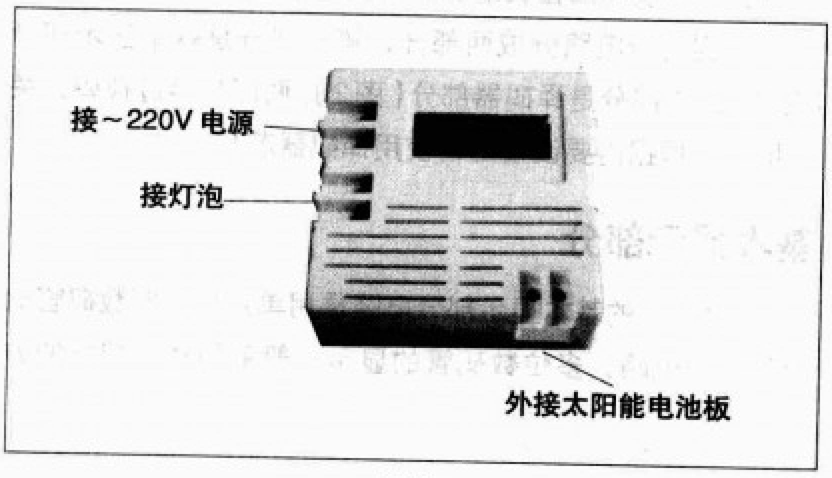
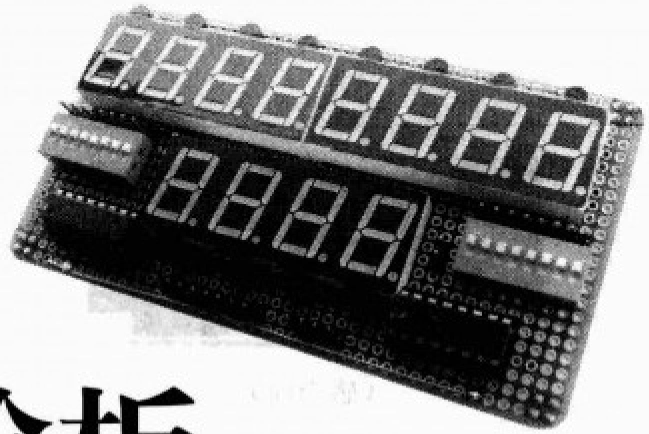


图9

图10

实际应用时，光控路灯控制器可固定在所控路灯旁，太阳能电池板应位于可被环境光照射而不被本灯照射的地方，如图10所示。如在露天使用，应注意防雨，太阳能电池板可覆盖透明外罩。



自制多功能数码管显示实验板

○ 文/江肖

数码管是单片机的常用输出设备，其接法灵活，硬件接线较繁琐。为方便自己做实验，笔者利用手头的元器件制作了一块多功能数码管显示实验板。这块实验板由八位共阳数码管实验模块和四位共阴数码管实验模块组成。

本实验板电路分成两部分，第一部分是基本显示部分（图1），第二部分是译码器部分（图2）。两部分通过拨码开关连接，可根据需要设置是否使用译码器芯片。

基本显示部分

图1所示的基本显示部分电路是用单片机控制数码管比较常见的电路，多位数码管的显示一般采用动态扫描的方式。共阳型数码管LED1和LED2组成八位共阳数码管实验模块，JP1为字形段码输入端（低电平驱动），JP2则为位选信号输入端（低电平扫描信号有效）；共阴型数码管LED3组成四位共阴数码管实验模块，同样利用JP1作为字形段码输入端（高电平驱动），JP3为位选信号输入端（高电平扫描信号有效）。

译码器部分

在使用基本显示部分做实验时最多会用到16个I/O口，这样太占单片机资源了。为了减少数码管占用单片机I/O口的数量，也考虑到数码管在实验中的接法较灵活，该实验板

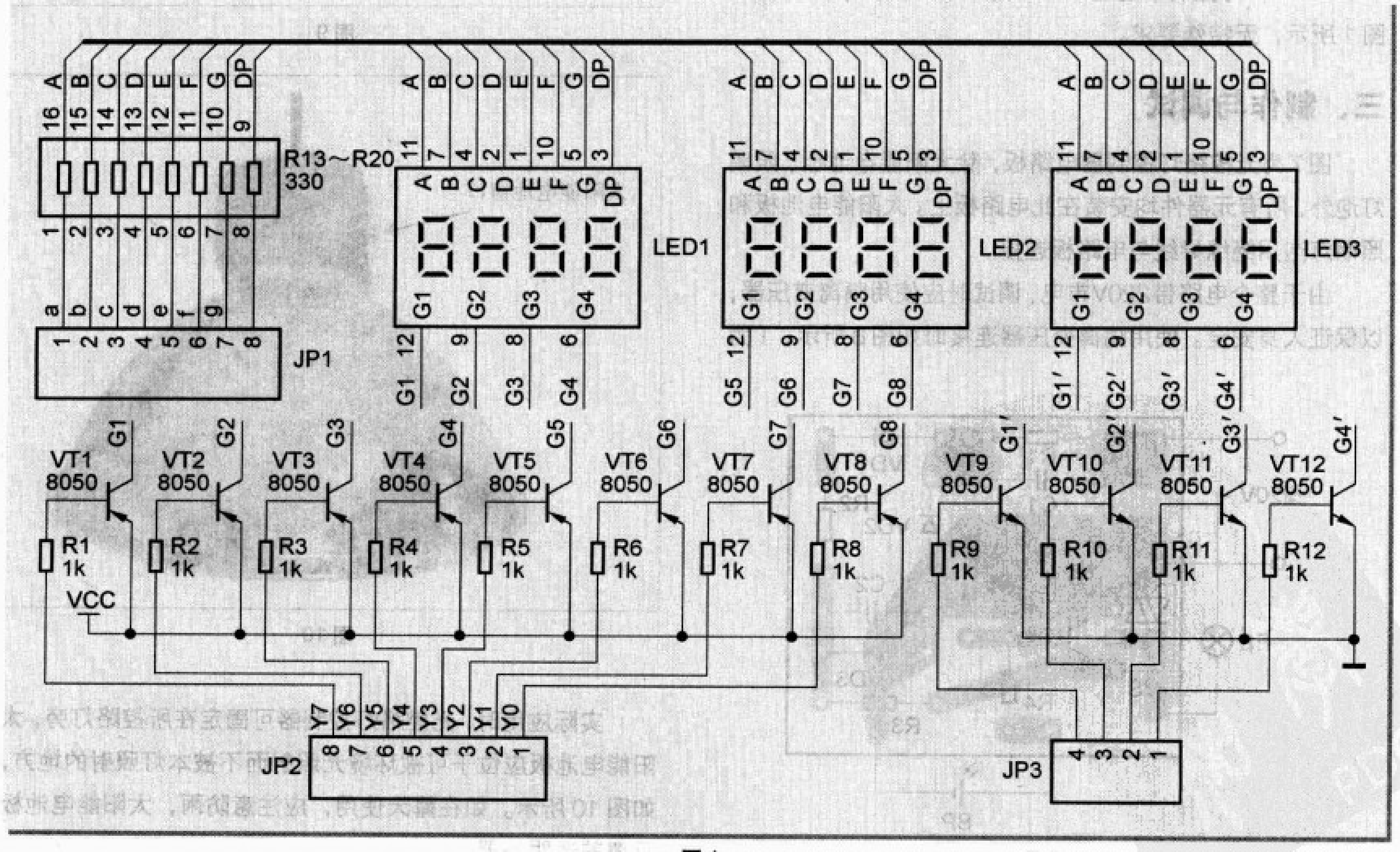


图1

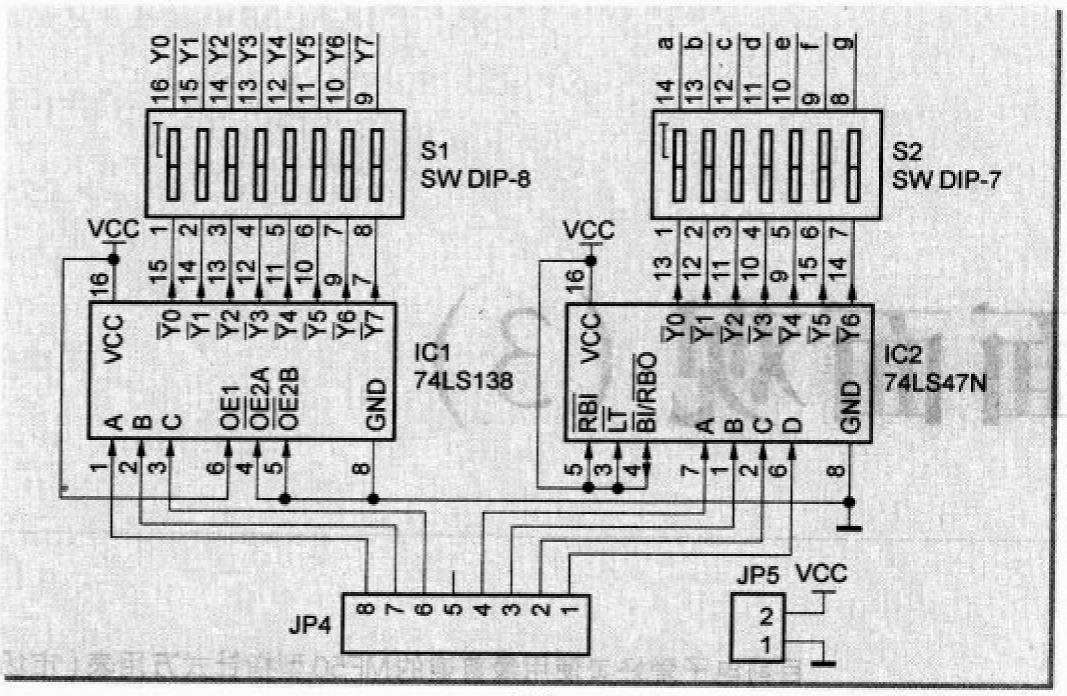


图2

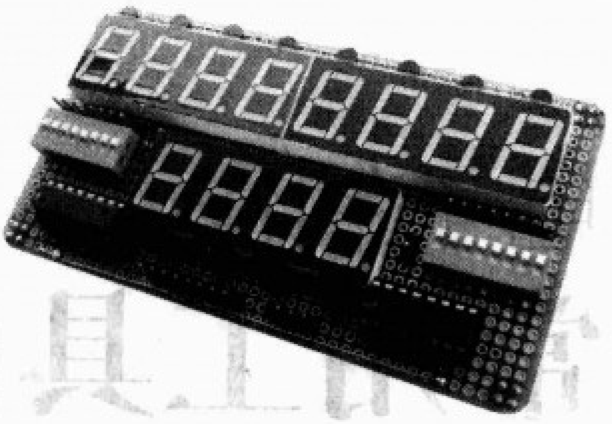


图5

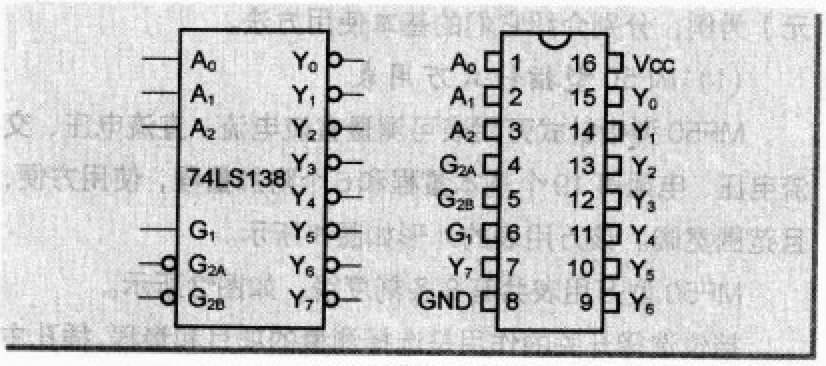


图3

上还集成了数码管专用的显示译码器（74LS47）和用于产生位扫描信号的3-8线译码器（74LS138），译码器部分的电路如图2所示。

74LS138是很常用的3-8线译码器，图3是它的逻辑符号和引脚图，A0~A2为BCD码输入引脚，Y0~Y7为扫描码输出引脚，G为使能端。如果在A0~A2端依次输入BCD码0~7，则Y0~Y7依次输出低电平。使用了3-8线译码器之后，不需要在微控制器中用软件一位一位产生扫描信号，节省了I/O口资源。

74LS47是将BCD码转换成7段LED数码管显示相应数字所需字形段码的译码驱动器，图4是它的逻辑符号。A0~A3是BCD码输入端，a~g为驱动数码管的输出端，由A端输入的BCD码经过芯片转化为二进制字形段码送至数码管以显示出相应的数字，较为方便。该芯片为低电平驱动，可驱动共阳型数码管。

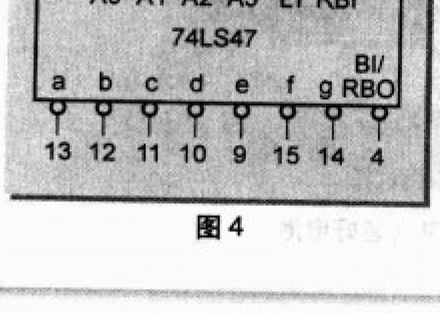


图4

JP5为译码器芯片的5V电源接口，也为整个实验板供电。在拨码开关S1、S2拨到ON端的情况下，两个译码器都连接在电路中，应从JP4接口的高3位输入扫描信号，低4位输入显示数据段码。8位共阳数码管实验模块只需要7根线即可工作。

整个实验板电路并不复杂但比较繁琐，制作时一定要细心，特别是一定要熟悉数码管的管脚排列。笔者用万用电路板自制的本实验板见图5和图6。JP1~JP5全部使用排针，这几处排针和两个拨码开关的设置使接线灵活、方便。需要使用译码器时，不管是使用其中一个还是两个都使用，只需将对应的译码器输出口的拨码开关打开，信号从相应的端口插座输入即可。

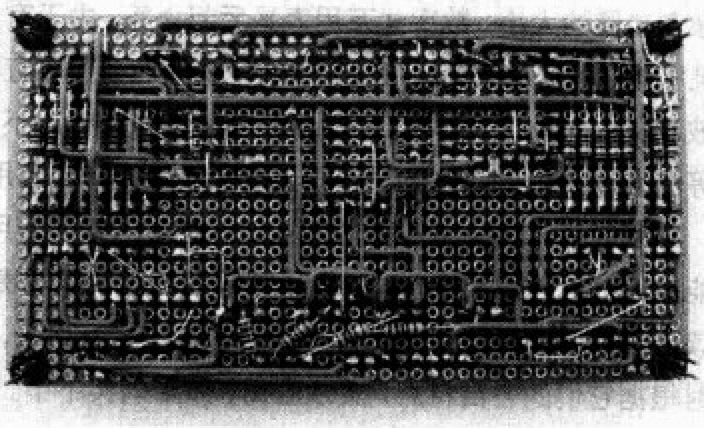


图6

使用时需注意3点：1. 由于实验板中的LED1、LED2与LED3共用一条数据总线，又共阳数码管和共阴数码管分别需要低电平驱动和高电平驱动，所以共阳数码管实验模块和共阴数码管实验模块是不能同时使用的，当然，在一个系统或一次实验中也很少出现既用到共阳型数码管又用到共阴型数码管的情况。2. 考虑到在单片机系统中常使用共阳型数码管，译码器电路是针对八位共阳数码管实验模块设计的，与四位共阴数码管实验模块没有联系，使用四位共阴数码管实验模块时必须将拨码开关设置为断开状态。3. 显示译码器74LS47不能产生小数点的显示段码，如果需要显示小数点还得靠微控制器的软件来控制。

电子制作常用工具面面观（3）

○ 文/张晓东

18.万用表

万用表是电子制作中必不可少的测试仪表，它不仅能够测量电路中的电压、电流和电阻等多种电量的大小，而且还能检测电子元器件的好坏等，故称“万用表”。可以毫不夸张地讲，离开了万用表，制作者摆弄电子元器件和电子线路等就会成为“睁眼瞎”。

万用表的种类很多，按显示不同，可分为指针式和数字式；按外形结构不同，又可分为台式和便携式等。指针式万用表相对于数字式万用表来讲，读取精度较差，但指针摆动的过程比较直观，其摆动速度和幅度有时也能比较客观地反映被测量值的大小。数字式万用表是后起之秀，由于有良好的灵敏性，齐全的功能，测量种类多，测量直观（可直接显示被测量的大小），性能稳定，过载能力强，轻便，不易损坏等优点，得到迅速普及，正逐步取代机械指针式万用表。

初学者从市面上购买一块20~40元左右的普通万用表，就能满足一般使用要求。由于普通万用表价格不是很贵，建议读者不妨各购买一块指针式万用表和数字式万用表，在测试时根据它们的各自特点，灵活应用，效果确实不错。现以

图1 MF50型指针式万用表实物图

目前电子爱好者使用最普遍的MF50型指针式万用表（市场参考价25元）和DT-830B型数字式万用表（市场参考价18元）为例，分别介绍它们的基本使用方法。

（1）MF50型指针式万用表

MF50型指针式万用表可测量直流电流、直流电压、交流电压、电阻等19个基本量程和6个附加量程，使用方便，且范围宽阔。该万用表的外形如图1所示。

MF50型万用表共有8条刻度线，如图2所示。

挡位选择开关的作用是选择测量的项目和量程。插孔主要用于连接测试专用的表笔，另外功能多的万用表还包含一

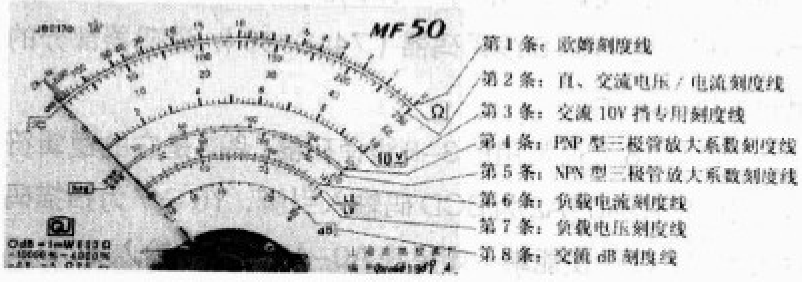


图2 MF50型指针式万用表表盘刻度线

图3 测量前装好电池

些专门测试晶体三极管等的插孔。

新购买的万用表使用前，首先应打开万用表的后盖，按照图3所示，将一块10F20-15V型叠层干电池和一节5号干电池（1.5V）装入万用表的电池夹内。然后，在桌面放平万用表，注意观察指针是否指在零位，如不指在零位，可按照图2所示，用小螺丝刀旋动表头上的机械调零旋钮，使指针调到零位。表笔分红、黑两色以区别极性。习惯上以红色表笔为正表笔，插在万用表的“+”（或“+100μA”、“+2.5A”）插孔内；黑色表笔为负表笔，插在万用表的公用插孔内。

在电子制作中，测量电阻、电压、电流和晶体三极管的h_{FE}等是万用表最基本的应用，下面就使用中的注意事项进行一些介绍。

① 测量电阻（图4）时注意，切勿用手指同时接触电阻或表笔的两端，否则人体电阻与被测电阻并联，会使测量结果出现较大的误差。“Ω×1”挡耗电较大，测试时间宜短。

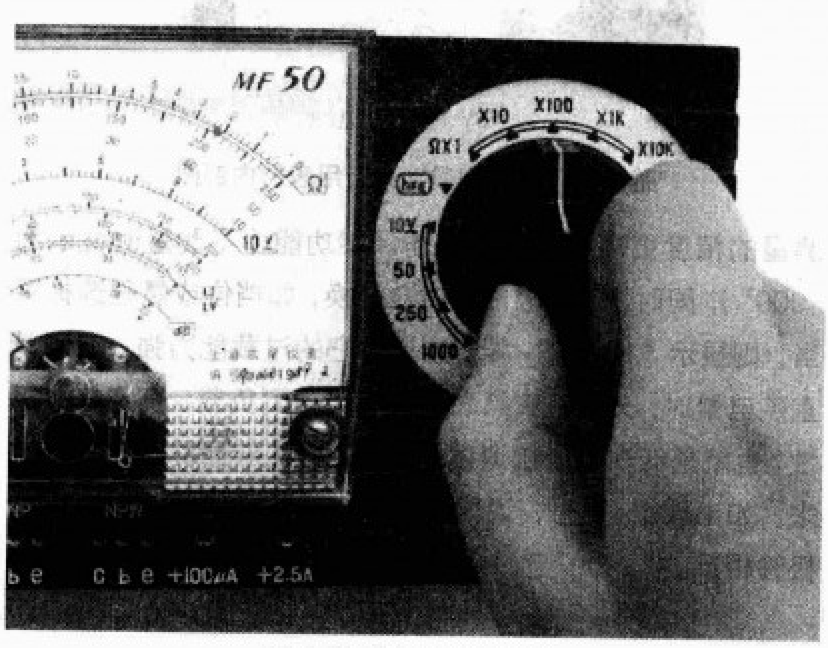


图4 选择电阻测量量程

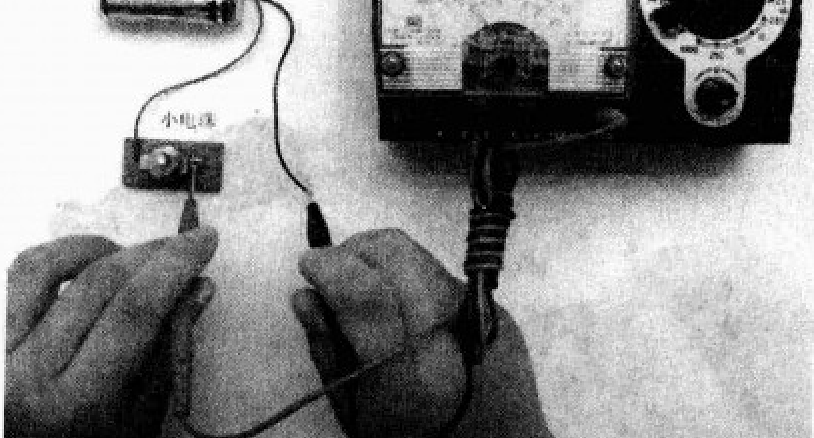


图5 直流电流的测量

当测量电路中的电阻时，应将被测电路的电源切断，如果电路中有电容器，应先将其放电后才能测量，切勿在电路带电情况下测量电阻。另外，在每次换挡后，都要进行欧姆调零。如果调节“Ω”调零旋钮不能使指针指在0Ω位置，一般是表内电池电压不足，应更换新干电池（对应“Ω×10k”挡，需更换15V叠层干电池，其他挡则更换1.5V干电池）。

值得说明的是，万用表内的干电池只在测量电阻时才工作。其中15V干电池仅用于“Ω×10k”挡，其余欧姆挡均使用1.5V干电池。在测量电阻时，万用表的黑表笔接通表内干电池的正端、红表笔接通表内干电池的负端。由于表笔输出电流相对于数字万用表来说要大许多，所以用“Ω×1”挡可以使扬声器发出响亮的“哒”声，用“Ω×10k”挡可以点亮发光二极管。这在借助欧姆挡灵活、巧妙地测试电子元器件时非常方便，也非常有用。

② 在测量直流电压时，绝对不允许误用内阻很小的直流电流挡，否则会短路被测电路，导致万用表因过流而烧坏。另外，在电压挡（尤其是低电压挡）情况下，指针式万用表的内阻相对于数字式万用表内阻要小许多，并联的万用表的内阻会对被测电路产生较大的分电流，使得测量精度出现较大误差。尤其在某些高电压、微电流的场合下，甚至无法测出正确的电压值。

③ 测量交流电压时，需要注意的是，交流10V挡测量结果看第三条专用刻度线，其他各挡看第二条刻度线。图6给出了测量220V交流电电压的情形，图中挡位选择开关选“250”挡，电压读数为225V。由于电压较高，操作时一定要注意安全，表笔应无破损，手持表笔切勿触及金属头，以防发生触电！千万注意不要错用电流挡或欧姆挡测量220V交流电，否则会立即损坏万用表。

④ 用指针式万用表进行测试，应轻拿轻放万用表，避免剧烈震动，以免造成表头测量机构的损坏；要远离高温

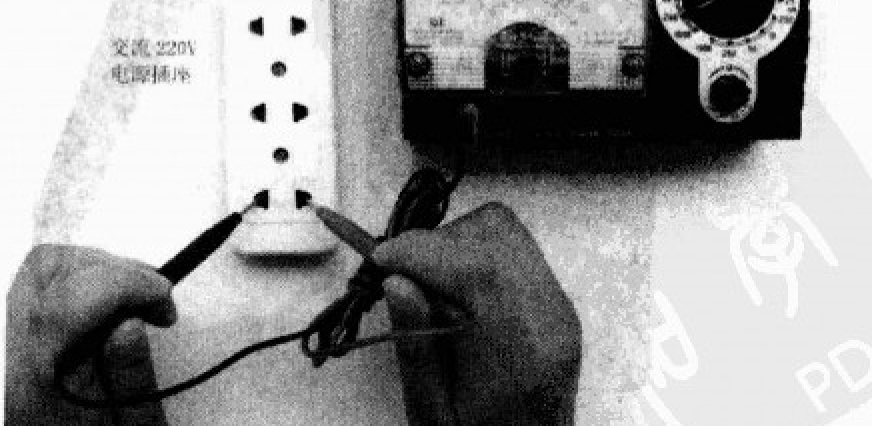


图6 交流电压的测量

和强磁场，以免表头中的永久磁铁退磁而降低测量精度。每次测量前，要先查看所选测量挡位和量程是否相符，如无法估计被测值，应先用最大量程进行初测，然后根据初测情况再换到适当的量程进行准确测量。尤其注意不要误用欧姆挡去测量电压，不要误用电流挡去测量高电压，这样很容易烧坏万用表。要将红、黑两个测量表笔正确插入相应的插孔内，尤其是在测量直流电量时，如正、负极性插错，就会使表头指针反偏，容易损坏表头零件。测量过程中，如需调换量程或测量挡位，必须先将表笔脱离电路，再转动挡位选择开关换挡或换量程，否则易产生电弧火花，烧坏挡位选择开关的触点。测量结束后，应将挡位选择开关拨到交流电压挡位中的最高量程位置（如“1000V”挡位），可防止下次如使用不当损坏仪表。

（2）数字式万用表的使用

DT830B是目前市场上最常见、最价廉的数字式万用表，它可以测量直流电压、直流电流、交流电压、电阻、晶体二极管以及三极管的直流电流放大系数 h_{FE} 等，完全能够满足初学者的一般需要。

DT830B型数字式万用表的外形如图7所示。

DT830B型数字式万用表的表内包括电子线路和一块6F22-9V型叠层干电池等，如图8所示。面板上的旋转式挡位选择开关带有电源断开挡，不使用时，挡位选择开关应旋至“OFF”（关）位置。当显示屏左下角出现“□”符号时，说明万用表内部9V叠层干电池的电压不足（≤7.2V），应打开后盖，及时更换新干电池。当用mA和μA挡测量电流没有反应时，应查看表内保险管细丝是否已烧断，并更换相同规格（0.5A、250V）的保险管。

DT830B型数字式万用表优于一般指针式万用表之处是：它具有更高的输入阻抗和灵敏度，对被测电路影响更小，

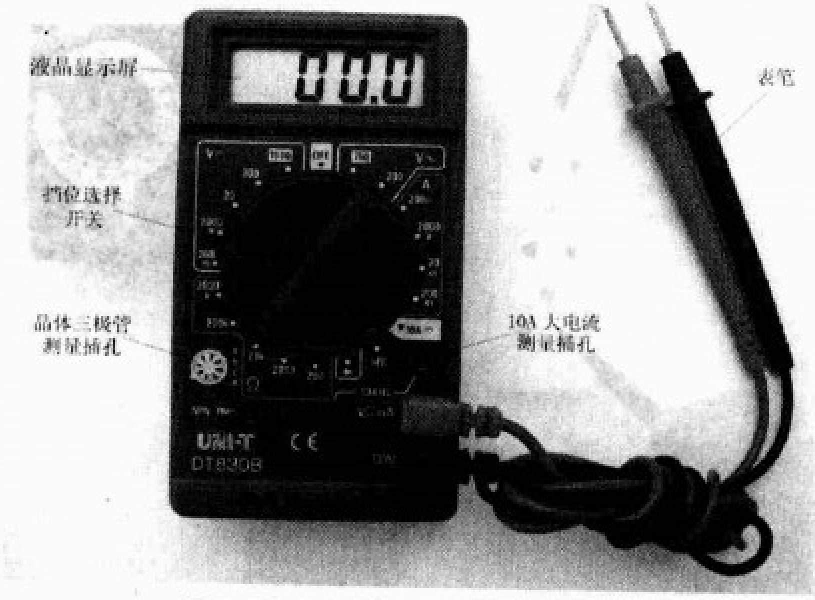


图7 DT830B型数字式万用表实物图

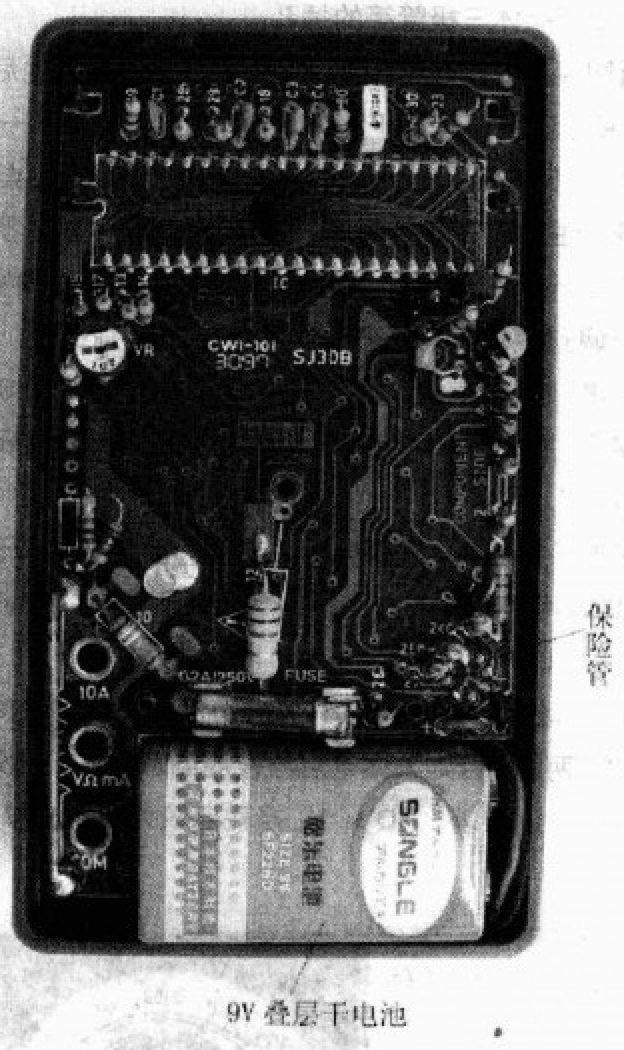


图8 DT830B型数字式万用表的内部图

测量的精度更高；它具有自动调零功能（不测量时显示为“000”），同时正、负极性可自动变换，如挡位或量程选择不当，则显示“1”或“-1”，这说明它的过载能力强。在测量直流电量时，允许红、黑表笔任意接被测负载，直流电的极性（也就是红表笔所接测试点的极性）在液晶屏上会指示出来，如出现“-”号，说明红、黑表笔的极性与负载的接点极性相反。

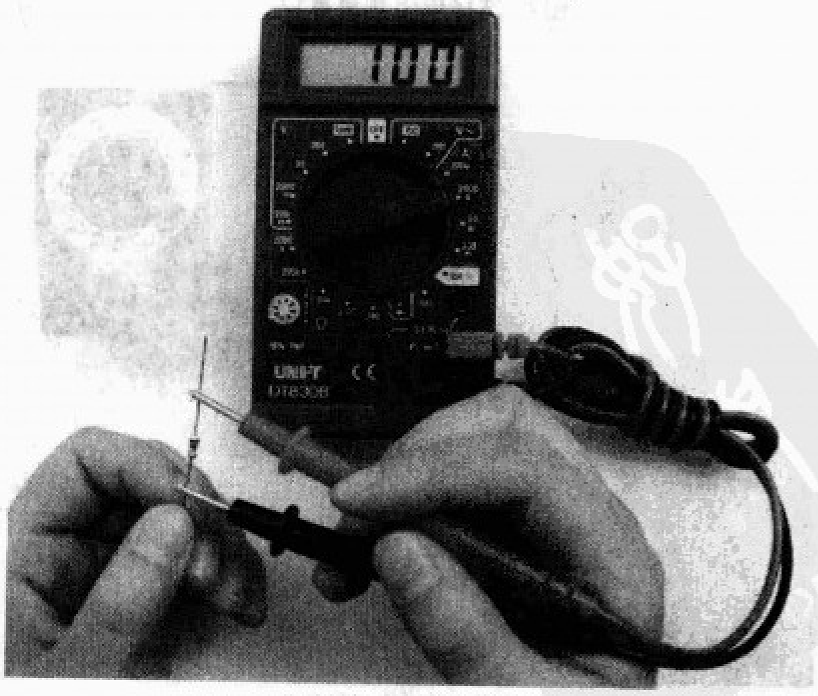


图9 电阻的测量

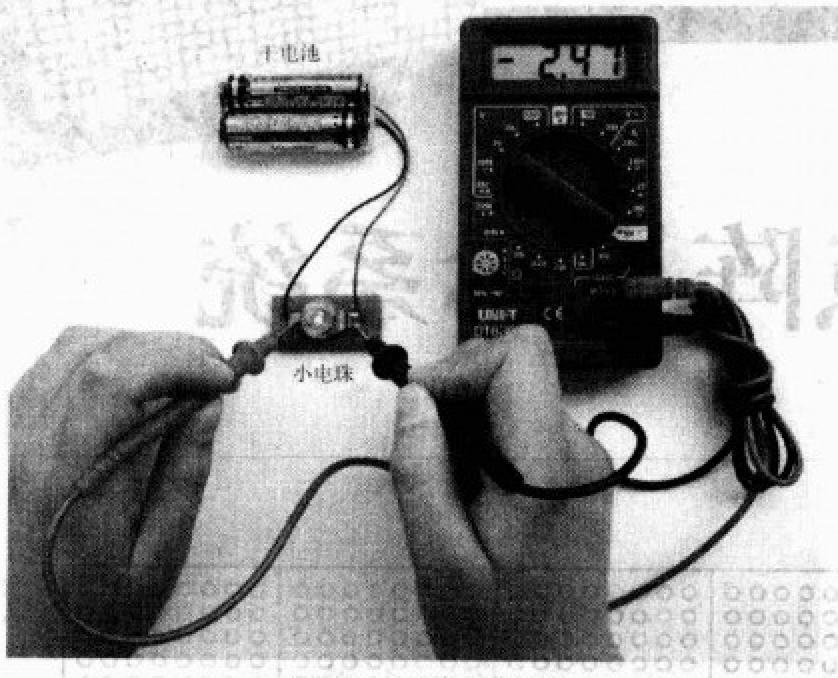


图10 测量直流电流

下面介绍用DT830B型数字式万用表测量电阻、电压、电流、晶体二极管和晶体三极管 h_{FE} 等的注意事项：

①电阻的测量（图9）。

测量时注意，红表笔的极性是正极性“+”，黑表笔的极性是负极性“-”，这正好跟指针式万用表相反。当表笔没有连接时，万用表的表笔呈开路状态，液晶显示屏将显示“1”。如果测量电阻时仍然显示“1”，说明被测电阻的阻值大于所选择的量程，应将挡位选择开关旋至更高的电阻量程挡位，以显示正确的数值。

②直流及交流电压的测量。

图10给出了测量小电珠两端直流工作电压时的情形。由于两节串联5号干电池的电压≥3V，所以必须把万用表拨到直流20V挡。此时，液晶显示屏显示出的数字“2.47”表示所测出的电压为2.47V，而数字前面的“-”号，表示红表笔所接测试端为电压负极。图11给出了测量220V交流电电压的情形，图中挡位选择开关选交流电750V挡，电压读数为219V，液晶屏左上角显示的“HV”字母，表示所测电压为“高电压”，应注意安全！

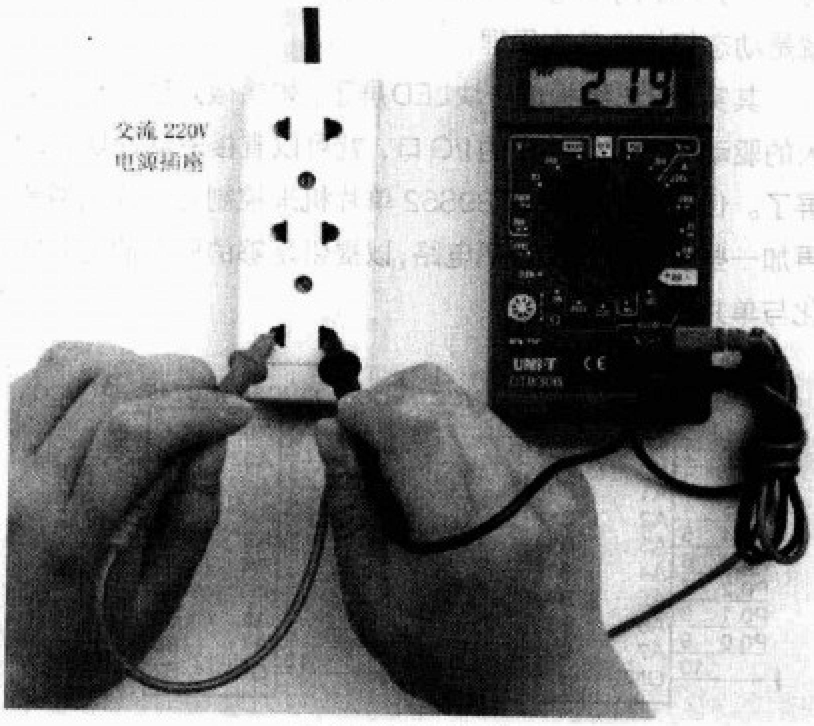


图11 测量交流电压

如果待测电压信号在测量之前是未知的，可把挡位选择开关旋至最高量程挡位，然后逐挡往下拨，直到显示的数字适当为止。当液晶屏只显示“1”时，表示量程超载了，应调换大的量程，以显示准确的数值。需要强调的是，绝不允许测量1000V以上的直流电压或750V以上的交流电压，虽然可能显示正确的数值，但是这样会损坏万用表。

③直流电流的测量。

如果待测电流在测量之前是未知的，可把挡位选择开关旋至最高量程挡位，然后逐挡往下拨，直到显示的数字适当为止。当液晶显示屏只显示“1”时，表示量程超载了，可调换大的量程，以显示准确的数值。另外，万用表的10A挡没有保险丝，测量时一定要小心使用。

④晶体三极管 h_{FE} 的测量。

图12所示是测量9013型（NPN管）晶体三极管时的情形，所测得的该管直流放大系数 h_{FE} = 281。

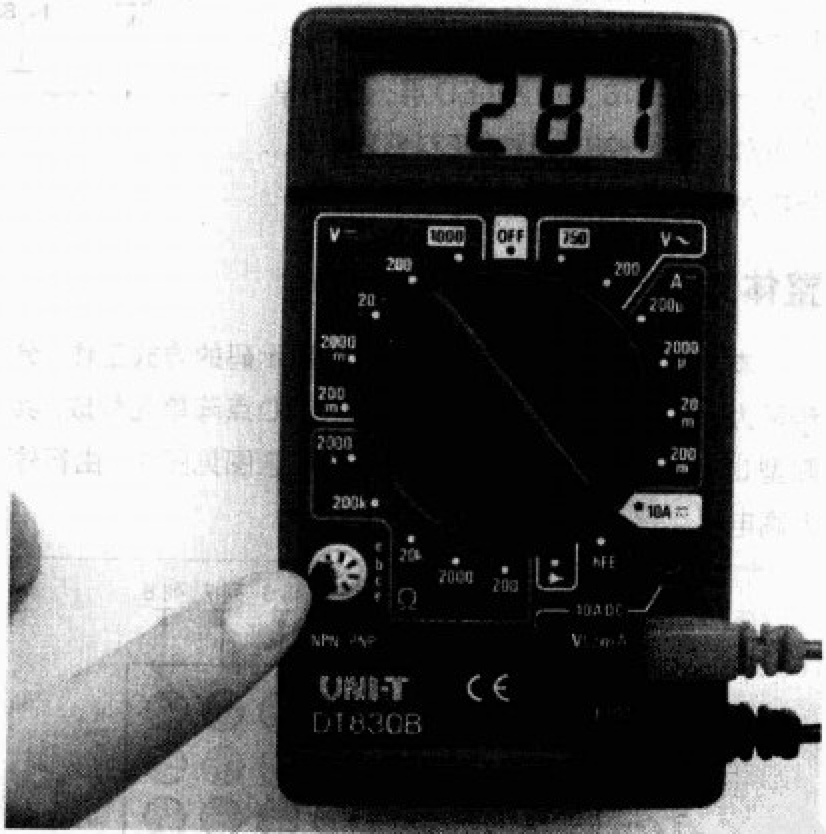
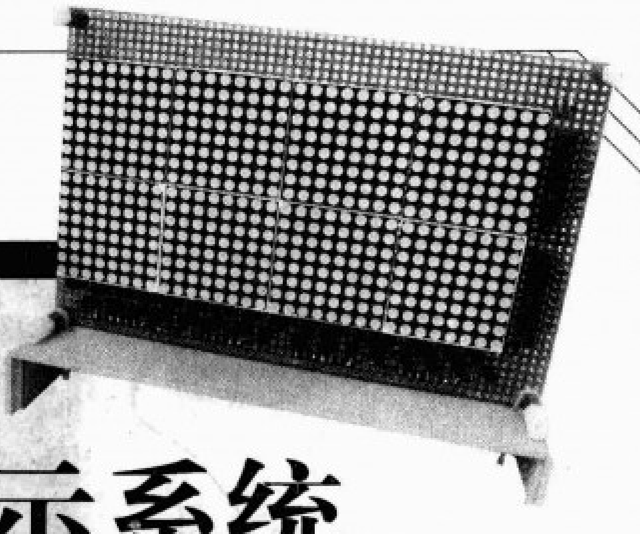


图12 晶体三极管 h_{FE} 值的测量

笔者从第9期到本期向读者介绍的工具可以说是初学电子制作所必备的工具，配齐并灵活掌握了这些工具的正确运用方法，一定会使你的制作过程得心应手，如虎添翼，达到事半功倍的效果。



「洞洞板上的电路」

DIY 小型LED点阵显示系统

○ 文/江肖

近年来LED点阵技术发展迅猛，LED屏已经悄悄地在我们身边普及：使用场所涉及到证券市场、银行、机场、车站、商场等，包括北京奥运会开幕式上的“巨幅画卷”也使用了巨大的LED显示屏。LED屏以其使用寿命长、环境适应能力强、亮度高、可视角大等优点受到用户的青睐。

LED点阵对电子爱好者往往有着很大的吸引力，但是由于制作点阵屏接线过于麻烦，不具备制版条件的业余爱好者对此总是望而却步。笔者利用万用电路板焊接了一块32X16大小的LED屏，使用单片机对其进行控制。现将资料整理出来，与广大电子爱好者分享。

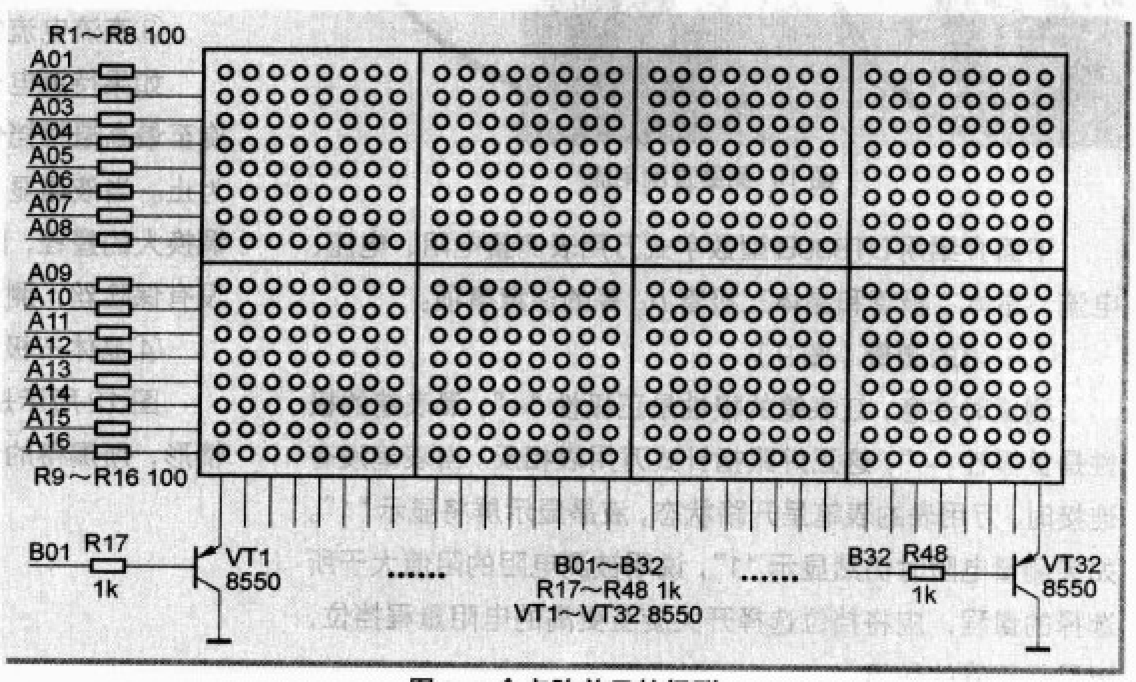


图2 8个点阵单元的级联

整体方案与硬件电路设计

本显示屏采用列扫描、直接送行显示码的方式工作。分辨率为32X16的显示屏由8个共阳型LED点阵单元构成。共阳型LED点阵单元（8×8）的结构示意图见图1，由行输入高电平点亮。

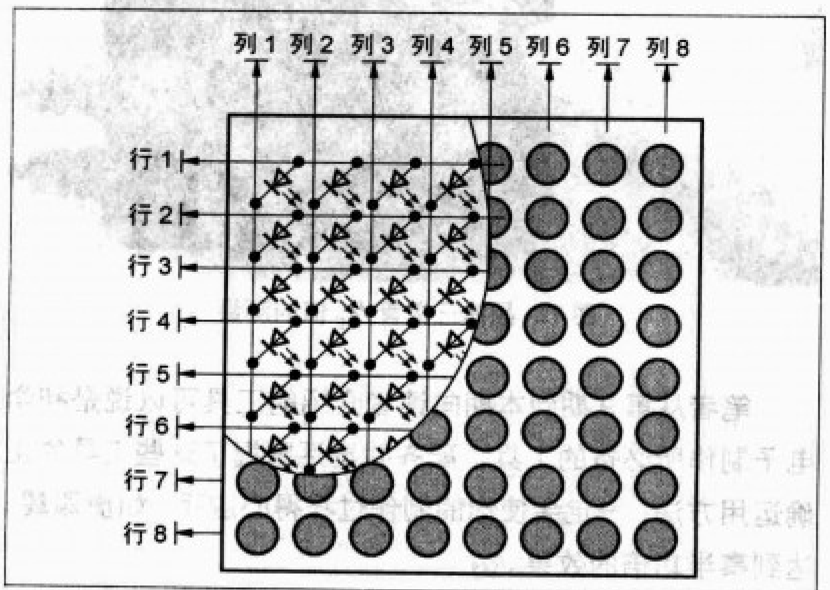


图1 LED点阵单元结构示意图

图2是8个LED点阵单元级联的接线图。R1~R16是限流电阻，用来保护LED的安全。VT1~VT32是32只PNP型三极管，在这里起到开关的作用：通过控制B01~B32使得在任何时刻只有唯一的列导通点亮。当列切换的速度足够快时，由于人眼的视觉暂留现象，看上去整个屏都是亮的，这就是动态扫描的基本原理。

其实图2已经构成一块LED屏了，如果微处理器有足够大的驱动能力和足够多的I/O口，就可以直接驱动这块LED屏了。但是为了能用AT89S52单片机来控制它，我们需要再加一些驱动电路和译码电路，以提供足够的驱动能力并简化与单片机的连接。

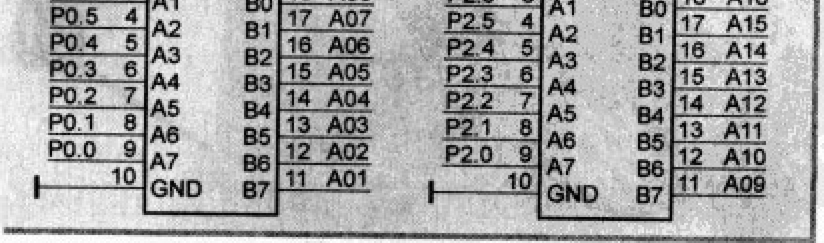


图3 行驱动电路

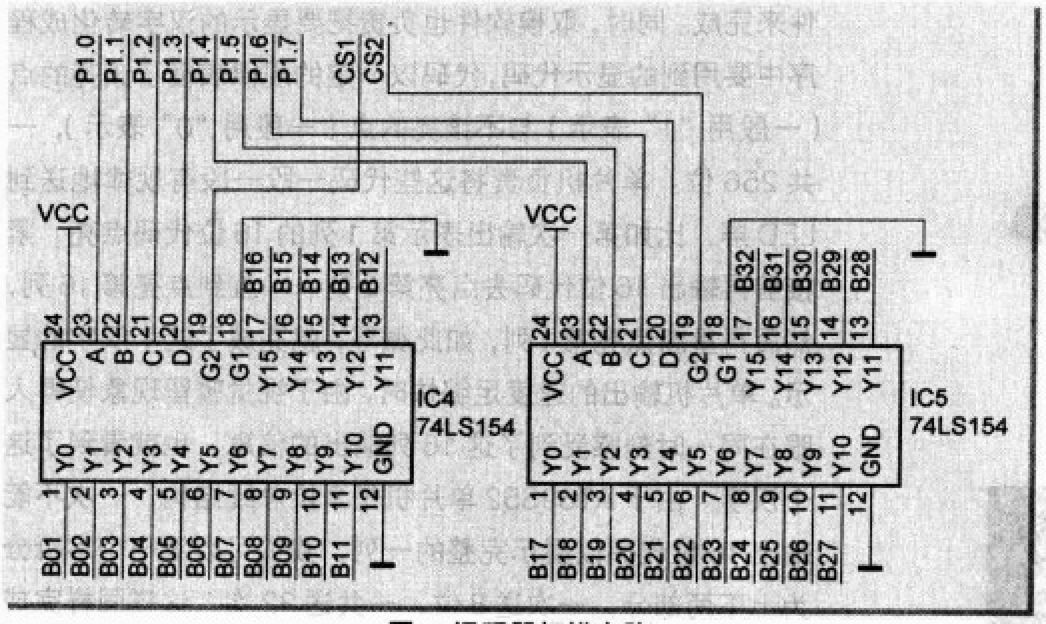


图4 译码器扫描电路

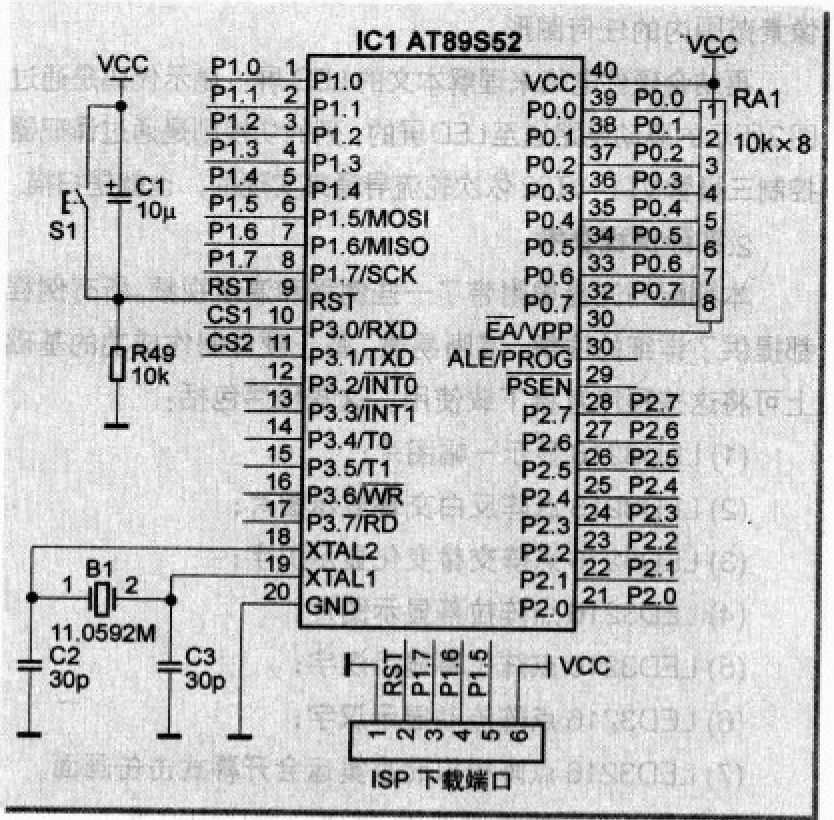


图5 单片机电路

表1 LG12088BH型点阵单元的引脚排列（仅供参考）

行（从上到下依次为）	行1	行2	行3	行4	行5	行6	行7	行8
引脚号	9	14	8	12	1	7	2	5
列（从左到右依次为）	列1	列2	列3	列4	列5	列6	列7	列8
引脚号	13	3	4	10	6	11	15	16

行驱动电路（图3）使用两片74HC245，这是比较常用的驱动芯片，当DIR接高电平时，A端为输入、B端为输出。

列扫描电路则利用了两片4-16线译码器74LS154（图4），IC4、IC5分别对应左、右屏。A、B、C、D为输入、Y0~Y15为输出。此外，还有CS1、CS2两根线分别使能左、右屏译码器，也就是使能左、右屏。CS1、CS2为低电平使能。

图5是AT89S52单片机最小系统电路。

硬件制作

LED屏在业余条件下的制作很麻烦，光8块LED点阵单元就有128根飞线。相信对于很多朋友来说，动手焊这么多飞线还是第一次，包括笔者，所以，制作过程要求有足够的细心和耐心。

1.元器件选择

该制作涉及到的元器件并不复杂，这里不再细说。只是要强调一点：LED点阵单元的引脚排布并不像图1那么规则，不同规格不同型号会有区别，所以提醒大家购买LED点阵单元后，需结合所查资料并使用万用表确定其引脚排列。就笔者使用的LG12088BH型点阵单元的引脚排列如表1所示。

电路板选用双面万用电路板，它具有较硬的材质，也便于焊接走线。笔者使用了一大一小两块电路板，分为显示面板和背部译码器电路板两部分。

2.硬件制作图解

笔者一直追求美观和制作工艺，虽然焊接较麻烦，但仍然没有采用“飞线一团糟”的焊接方式，较好地利用了细金属导线和质量较好的漆包线。

图6是LED显示面板，驱动芯片和三极管已焊在该板上；图7是显示面板背面的连线方法：16根行线使用细金属丝贯穿整块电路板，然后用漆包线将各个点阵单元的行引脚连接至对应行线上，再用漆包线连接处于同一竖条上的点阵

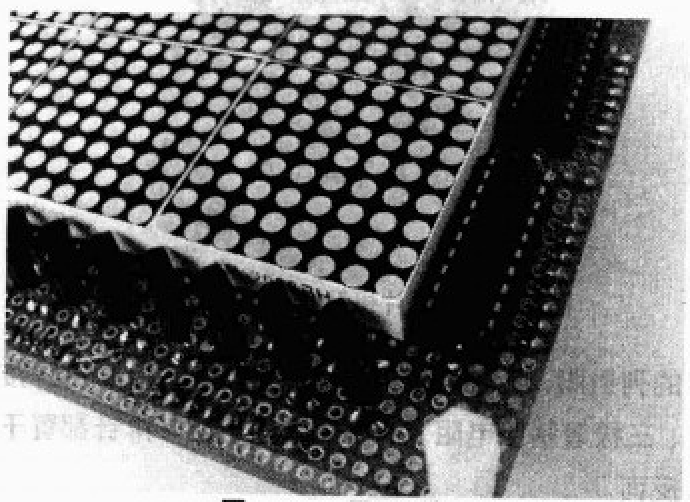


图6 LED显示面板

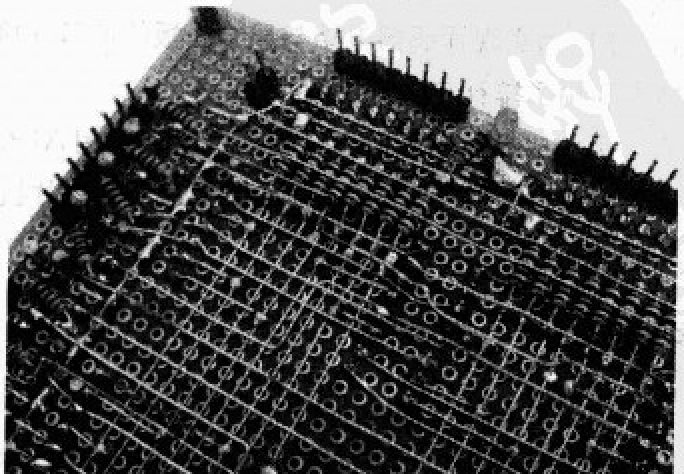


图7 焊接好限流电阻、三极管基极电阻及排针

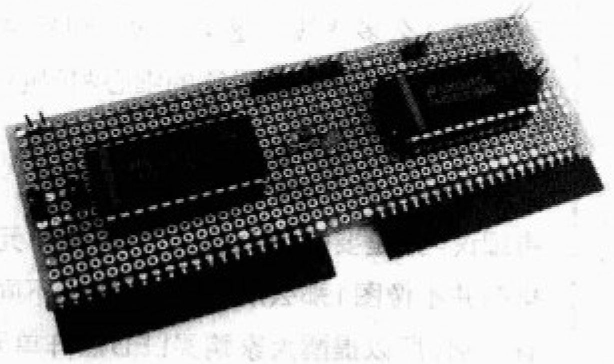


图8 译码器电路板

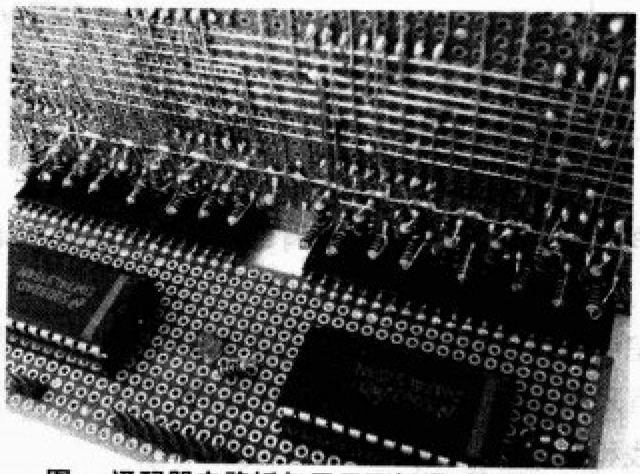


图9 译码器电路板与显示面板通过插座连接

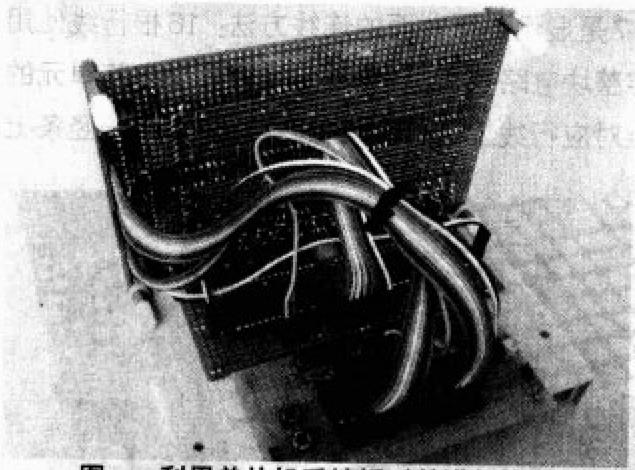


图10 利用单片机系统板对其进行控制

单元的列引脚，此时列线与行线成矩阵状。最后再焊接限流电阻、三极管基极电阻及相关排针。电阻、排针都置于显示面板反面。

LED显示面板焊接完成后，再在另一块板上焊好译码器电路（图8）。为实现译码器电路与显示面板的电气连接，笔者巧妙地利用了排针与排座（图9）。

完工后的成品如题图所示。下面就可以使用AT89S52单片机对其进行控制了（图10），如果你还没有单片机系统板，那就得再加一加班了。

软件设计

1.基本显示原理

一个国标汉字是由16×16即256个点（像素）来构成的，显示一个汉字该亮哪些点这些复杂的工作都交给取模软件来完成。同时，取模软件也负责把要显示的汉字转化成程序中要用到的显示代码，代码以一定的规律表征了该亮的点（一般用“1”表示）与不该亮的点（一般用“0”表示），一共256位。单片机负责将这些代码一段一段有规律地送到LED屏，比如第一次输出表示第1列的16位代码点亮、紧接着再输出16位代码去点亮第2列……直到点亮第16列，然后再重新点亮第1列，如此循环，就完成了这个汉字的显示。单片机输出的速度足够快时，由于视觉暂留现象使得人眼在同一时刻感受到了这16列输出的信息，也就看到了这个汉字。由于AT89S52单片机是8位总线结构，一次不能输出16位代码以显示完整的一列，我们可以把一个字拆分为上下两部分，一次送8位，一共送32次，这样同样完成了一个汉字的显示。事实上这个汉字区域也可以显示在256像素范围内的任何图形。

再结合硬件电路来理解本文的LED屏：显示代码是通过图3所示的驱动电路送至LED屏的，列的切换则是通过译码器控制三极管VT1~VT32依次轮流导通来实现的，也就是扫描。

2.实际例程参考

本期配刊光盘里附带了一些例程和演示视频。所有例程都提供了详细的注解，清晰易懂。基于硬件制作成功的基础上可将这些程序直接下载使用。这些程序包括：

(1) LED3216显示一幅图片；

(2) LED3216点阵反白交替显示图片；

(3) LED3216点阵交替变化显示汉字；

(4) LED3216点阵拉幕显示图片；

(5) LED3216点阵拉幕显示汉字；

(6) LED3216点阵流动显示汉字；

(7) LED3216点阵模拟北京奥运会开幕式击缶画面。

为方便LED屏的灵活使用，笔者在程序中设置了一系列可变参数，可根据自己的需要在程序开头进行调整。以“LED3216点阵流动显示汉字”工程为例，可以设置移动速度、显示亮度，还可以设置字体大小（最大16×16）以适应显示多种字体和大小的汉字。除了这些功能，程序还会通过计算字数来自动匹配代码长度，这样使得修改显示内容相当方便。对于AT89S52型单片机，实际可在程序里放置超过200个16×16汉字的代码。

3.关于取模软件

笔者使用的取模软件为“字模提取V2.2”，读者可到网上自行下载。这款取模软件不仅可以满足我们对取模字数的要求，还可以方便地设置字体、大小。当然，它也能完成特殊符号、图片的取模。针对笔者提供的所有例程，均需在该软件参数设置栏的“其他选项”里设置纵向取模、字节倒序。

与初学者谈谈安全用电

○ 文/张晓东

在电子制作过程中，我们免不了要跟220V交流市电打交道。如果不注意用电安全，就有可能发生触电事故，严重时将危及人的生命。

要做到安全用电，就必须了解和掌握电的一些基本脾性和规律，在任何时候都牢记“安全第一”的宗旨，严格按照有关用电规程操作，这样才能防止和避免伤害。

人为什么会触电

人体可以看成是一个具有一定电阻的导电体。当人体接触到带电体(电源线裸露部分)，并与带电体构成回路时，电流通过人体就发生触电。

触电时，根据欧姆定律可知，人体接触的电压越高，流过人体的电流就越大。在相同的电压条件下，皮肤干燥时，人体电阻较大，流过人体的电流就比较小；但在潮湿、出汗的情况下，人体电阻会急剧减小，流过人体的电流会大幅度上升，而通过人体的电流大小直接决定着触电对人体造成的伤害程度。少量电流经过人体时，仅有麻刺的感觉，不会受伤，若通过人体的电流大于50mA，就会有生命危险。所以在潮湿的环境中从事电气操作，即使电压很低，也可能造成触电危害。为了保障人身安全，工作人员经常要接触到的用电设备，一般应使用36V以下的安全电压。在特别潮湿的场所，必须采用12V以下的绝对安全电压。

220V交流市电的电压高出安全电压许多，因而绝对不容许人体直接接触供电线路及设备，否则会发生严重的触电事故。交流220V市电的用户电路如图1所示。电源线相线(俗称火线)和零线(俗称地线)之间的电压为220V，其中零线已同大地连通，也就是说它同我们脚踩的大地是同一电位。交流220V市电最常见的触电形式有以下两种：

1.单线触电。如图2(a)所示，人体一部分触及一根相线，而另一部分与大地有较良好的接触时(如踩在较潮湿的地面上)，电流从相线流过人体入地，发生触电事故。

2.两线触电。如图2(b)所示，人体触及相线和零线两根电线时，电流从一根电线通过人体流入另一根电线。这种触电是最危险的，因为此时电流经过人体时必定通过心脏，而电流流经心脏组织时最危险，容易促使呼吸麻痹甚至死亡。为了防止这种触电现象发生，一般在带电操作时，都要求习惯用单手操作，并保持人体与大地良好绝缘。

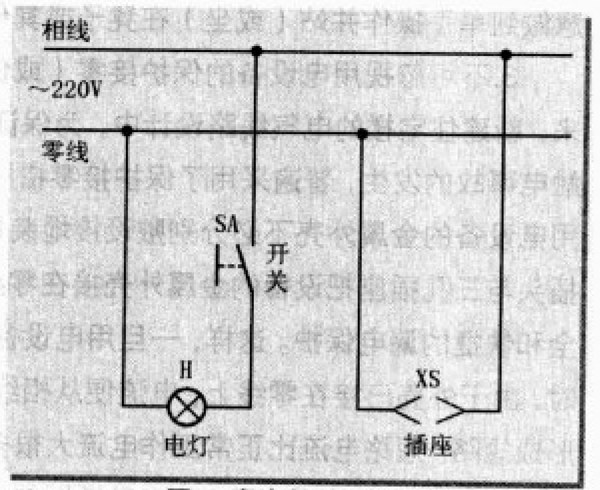


图1 市电的用户电路

安全用电措施

1.事先检查电器设备的绝缘电阻。例如在使用电烙铁前，应选万用表最高电阻挡R×10kΩ(指针式万用表)或R×2MΩ(数字式万用表)，测量一下电烙铁插头两端和金属外壳之间的电阻，这个电阻应在2~3MΩ及以上，最好趋于无穷大。若所测电阻值较小，说明有漏电现象，必须排除故障后才能通电使用。

图2 人体触电示意图

除了检查绝缘电阻外，还应经常对电烙铁、电钻等移动用电设备的电源线进行检查，发现绝缘外皮破损时应及时处理或更换；用电设备受潮受淋后，必须进行干燥处理，才能通电使用。当使用中发现用电设备温度过高、有异味、产生打火等现象时，应立即切断电源，待查明原因并排除故障后，才可通电使用。

2.保持人体与大地的绝缘。例如在工作台下垫上胶皮或干燥的木板，工作时双脚应踩在这类绝缘板上。一般情况下不可带电作业，如必须带电作业（如调试交流220V供电装置）时，要使用装有良好绝缘柄的工具并应加倍小心，要注意做到单手操作并站（或坐）在凳子或其他绝缘物上。

3.不可忽视用电设备的保护接零（或保护接地）。近年来，新建住宅楼的电气线路设计中，为保证电气安全，防止触电事故的发生，普遍采用了保护接零措施。其特点是各种用电设备的金属外壳不必分别敷设接地装置，而是通过三极插头与三孔插座把设备的金属外壳接在零线上，实现更为安全和快捷的漏电保护。这样，一旦用电设备的外壳意外带电时，由于外壳已接在零线上，电流便从相线经过外壳和零线形成短路。短路电流比正常工作电流大很多倍，使用户的保险丝烧断或使自动过流开关（自动断路器）跳闸，迅速切断故障电路，起到保护作用。

值得注意的是，用电设备的保护接零线并不是直接接到零线上的，而是通过三极插头与三孔插座，与所谓的接零干线接零线的。接零干线是重复接地的，能可靠地起到保护作用。要正确运用好保护接零措施，就要了解和掌握三孔插座与三极插头的正确接线方法。图3所示给出了一个壁式“两孔＋三孔”插座各孔的标准供电情况。上方的两孔插座是供没有金属外壳的用电设备连接电源的，而下方的三孔插座是供有金属外壳的用电设备连接电源的。按照电气安装的统一规定：面对墙壁上的插座时，两孔插座的左孔应接零线（地线），右孔应接相线（火线），就是电工常说的“左零右火”规则。而下方的三孔插座左下孔应接零线，右下孔应接相线，上孔应接保护接零线，其简单助记语为“左零右火上保”，绝对不可接错。一般在插座背面（包括相应的插头）接线端附近，都用字母E（有时还标出接地符号“⏚”）注明保护接零线端，用字母N注明零线（地线）端，用字母L注明相线（火线）端。

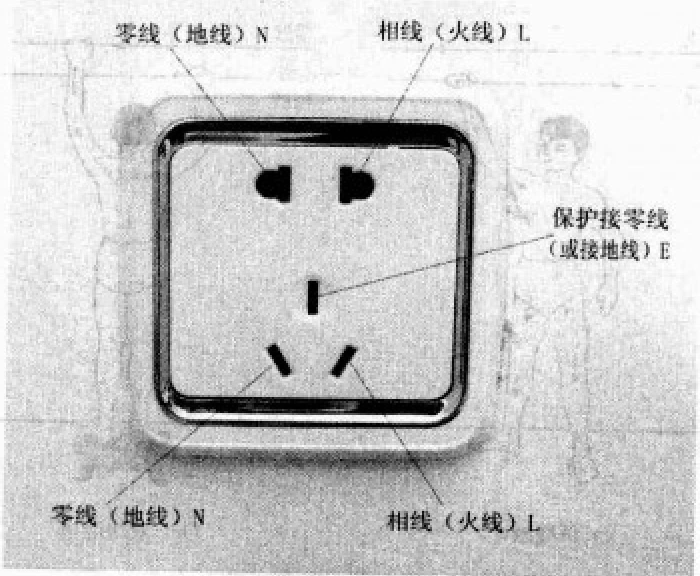
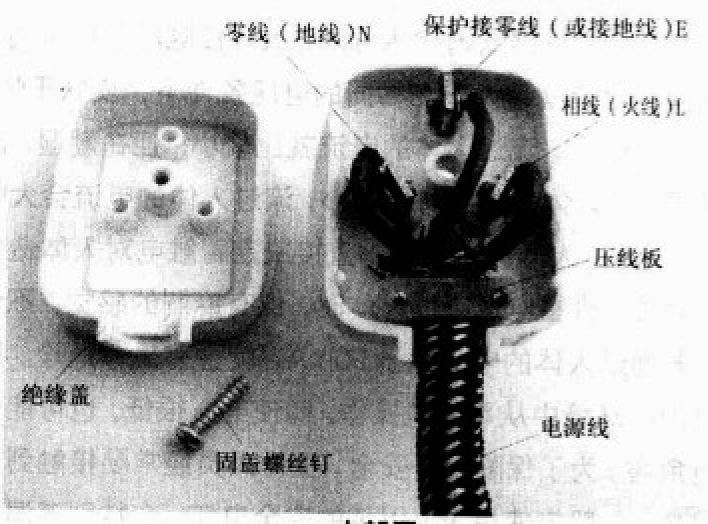
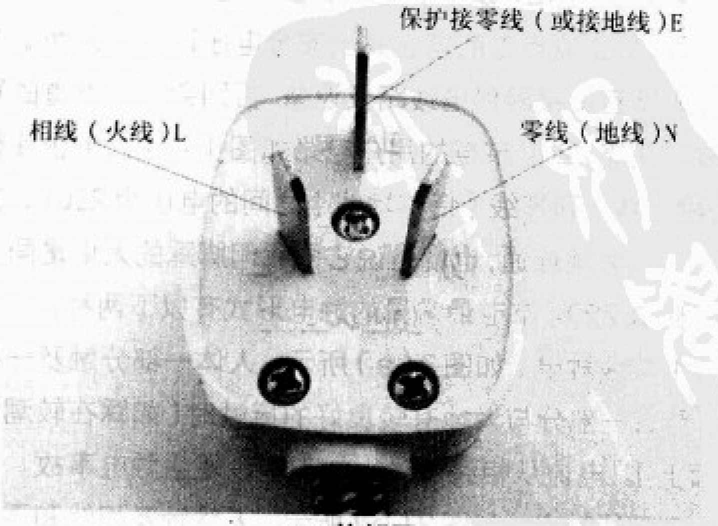


图3 电源插座各孔接线规则

各种用电设备出厂时已经配接了电源插头，大多为不可拆卸式。在特殊情况下（如插头损坏或进口电器插头型号与我国不同）确实需要自己安装三极插头时，可按照图4所示装配。由图可知，三极插头的字母标志与三孔插座含义一样，而且保护接零线端的插脚比其他两个插脚长些（扁形）或粗些（圆形）。通常情况下，用电设备的电源线是用3种不同颜色的电线加以区分的。一般用蓝色电线作零线，红色（或棕色）电线作为相线。按照国际电工标准，黄绿双色外皮的电线做保护接零线（日本、西欧产品有的用单一绿色作为保护标志色接零线）。过去生产的三芯电缆线，3根线分别为红色、蓝色、黑色，其中的黑色线做保护接零线，这点必须严格遵守。有的用电设备用线不规范，弄不清时，必须用万用表测量一下，哪根线和用电设备的外壳相通，则应将哪根线接到保护接零线端子上。特别提醒注意的是，三极插头上的



(a) 内部图



(b) 外部图

图4 三极插头的接线

保护接零线，不能随意接到电器的电源线上去。

如果室内配电线路没有布设保护接零线，可采用普通的保护接地线，其三极插头与三孔插座的接线跟前面保护接零线一样。如果室内配电线路连普通的保护接地线都没有埋设，可自己埋设一根（高层楼房是比较困难的）。用一根扁铁条或较粗的圆铁棒，垂直打入附近比较潮湿的地下，在铁条上端打上孔，用一个较粗的螺丝拧上一根引出线就可以作安全地线用。应特别注意，煤气管道不能用作地线，否则可能因电线接触点的火花而引起煤气爆炸事故。取暖的暖气管道也不适合用作地线，因为它不能可靠接地，也容易发生事故。

经验证明，按要求给用电设备的金属外壳接上良好的保护接零线或保护接地线，是一项非常重要的安全措施。但必须注意的是，在保护接零线上，绝不允许装设保险丝。而在同一配电线路中，不允许一部分用电设备保护接零，而另一部分用电设备保护接地。否则，接地设备发生碰壳时，会导致零线电位的升高，反而增加了触电的可能性。

4.选择合适的保险丝。在电源总配电盘上电度表的后面装设普通双线闸刀开关和合适的瓷插保险盒（内装保险丝），具有两大保安作用：一是配合用电设备的保护接零发挥出应有的保安作用。接上了保护接零线的用电设备，在发生漏电故障使设备的金属外壳带上电时，电流就会由相线经金属外壳与零线相通，形成短路，短路电流迅速使保险丝熔断，从而切断故障电路。如果不装保险丝或用粗铜丝代替保险丝，外壳带电后无法及时切断电路，就会发生触电事故。二是保险丝还起着过负载和短路保护作用。在用电过程中，难免会发生用电负载过大的情况，这时电流超过了线路允许值，就会损坏电度表，使导线过热，绝缘外皮老化，酿成事故。特别是在电子制作和实验过程中，难免发生短路故障。选择了合适的保险丝，就能有效对过电流和短路进行保护。

保险丝的选取应根据总用电负荷而定，但最大也不能超过电度表的容量（分为2A、2.5A、5A、10A等几挡）。有的读者只图用电方便，随意加大保险丝的容量（如应装5A保险丝，自己换成10A的），这样做就会埋下事故的隐患，是不能允许的。此外，电灯开关或单插保险盒必须接在相线上，如果误接在零线上，那么即使在开关断开或保险丝熔断的情况下，负载线路中仍有危险的高电压。

如果采用具有闸刀开关和过电流自动断开功能的双线空气保护开关（也叫过流保护开关）来取代普通保险丝，则就没有必要再按前面所讲在电度表后面单独安装双线闸刀开关和瓷插保险盒了。这种空气保护开关的规格与选择，跟普通保险丝完全相同。它的最大特点是安全可靠、可重复使用，省去了使用普通保险盒每次都得更换保险丝的麻烦。目前，空气保护开关已成为主流产品，在家庭住宅中得到普及和广泛应用。

5.安装漏电保护器。漏电保护器（也称触电保安器、漏电保护开关），它能够在用电器外壳发生漏电或人体触电时，自动切断供电电路，有效保证人身安全等。这种漏电保护器技术成熟，灵敏度高，性能稳定，得到了广泛应用。如果读者家庭的电源总配电盘上还没有安装上漏电保护器，建议尽快请专业电工装配一个质量上乘的漏电保护器，它定会为你今后的电子制作和生活用电提供可靠的人身安全保障。

如果实际中安装漏电保护器有所不便，可不妨购买一个图5所示的新型漏电保护插头。该插头内部已安装了漏电保护电路，在它的引线端按图6（a）所示接上一个多用电源插座（保护接零线端悬空），就做成了具有漏电保护功能的多用电源插座。在电子制作活动中通过这个插座取电，可保证你的人身安全。当然也可按图6（b）所示，用这个漏电保护插头直接取代电烙铁、电钻等用电设备的电源插头，效果是一样的。笔者购买的这种漏电保护插头，单价是9元，体积（不含插头电极）仅60mm × 40mm × 29mm，面板给有红色扁圆形供电复位按钮RESET和黄色圆形试验按钮TEST，其漏电保护电流30mA，最大负载电流13A，所带双芯软护

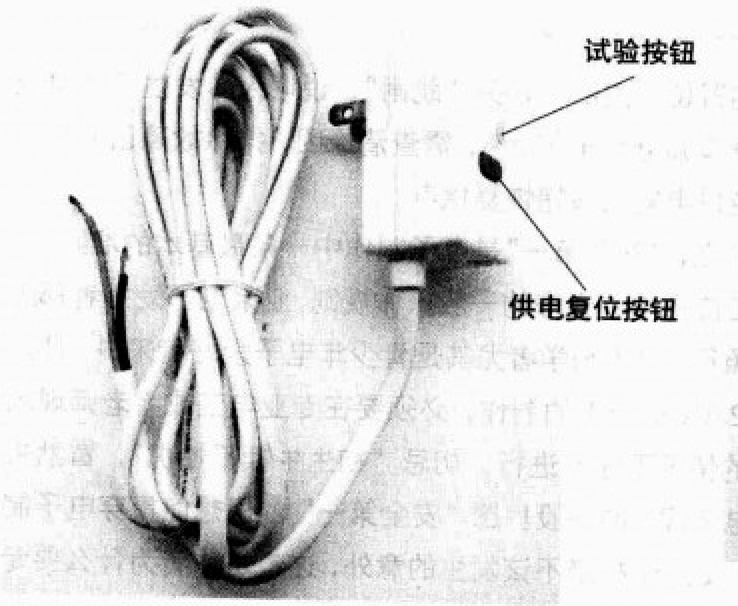


图5 新型漏电保护插头

(a) 接多用插座　(b) 接电烙铁

图6 漏电保护插头的应用

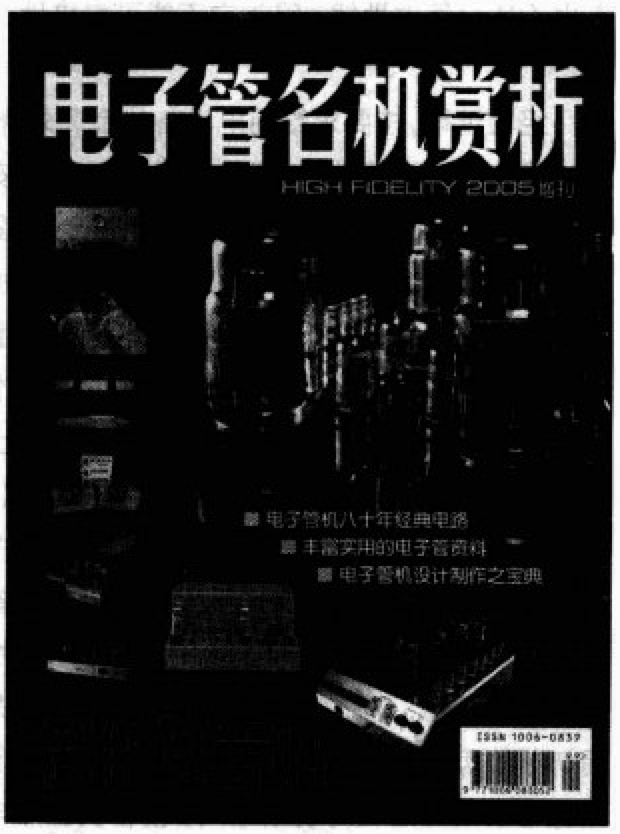
书讯

《电子管名机赏析》重印发行

由人民邮电出版社《高保真音响》杂志出版的《电子管名机赏析》一书最近又一次重印发行了，自2005年首次出版以来该书已是第四次印刷了。三年来，这本书得到了广大电子管音响爱好者和电子管音响专业工作者的青睐，其受欢迎程度超出了我们的想象。为了满足读者的需要，我们近期再次重印，希望能满足对本书期待已久的读者朋友。

本书共收录和介绍了国内外名品电子管放大器百余种，其中不乏具有里程碑意义的世界经典名机，所有的名机都有全面的电路图和详实的分析介绍，不仅具有很高的欣赏价值和收藏价值，而且具有很强的实用性，对现代电子管音响设计具有很高的参考价值和借鉴价值。书中所收录了自19世纪以来世界大部分电子管放大器的代表性作品，其中国外电子管前级放大器40种，后级功率放大器56种；现代电子管功率放大器35种，包括Cary、Luxman、Catic以及诸多日本电子管名家的经典设计；另外还有我国设计生产的电子管放大器产品11种。徐松森和徐柏华两位作者集数十年的工作经验和潜心研究，对这些历史上极有价值的精品进行了详细的分析和解读。他们将欣赏性与资料性融为一体，其中名机的外形图、电路图、输入输出特性、失真率特性图、频率响应特性图、阻尼特性图应有尽有，附录中还收录了数百种常用电子管特性参数资料，使这些世界音响的宝贵遗产能够更完整地保存和传承下去。

这本《电子管名机赏析》集欣赏、参考、借鉴、研究等多种功能于一体，取材广泛、内容详实。为了继续满足广大电子管爱好者和有关专业人士的需求，我们再次出版发行，以飨读者，从而更好地普及音响事业，也使这些不朽的历史经典更好地发扬光大。



定价：38 元（免邮费）
邮购地址：北京市崇文区夕照寺街 14 号 A 座《高保真音响》编辑部
电话：010-67134361
E-MAIL：ygb@radio.com.cn

套线长 2.5m，完全可满足一般的需要。

红色扁圆形供电复位按钮能够以手动方式“闭合”插头内部的主开关，其主要功能是手动加载供电。当首次使用漏电保护插头或每次漏电动作后，按下该按钮，即开始或恢复供电状态。黄色圆形试验按钮能够模拟出人体触电或用电设备漏电时的状态，其功能主要是检验漏电保护电路工作是否正常可靠。应每隔一段时间（不超过 1 个月）按动该按钮一次，如果供电复位按钮置位，内部主开关马上“跳闸”（会发出很响的“嗒”声），说明漏电保护电路工作状况良好。反之，如果无任何反应，说明漏电保护电路已经失灵，应及时排除故障或更换新的漏电保护插头。使用过程中如果供电复位按钮置位、内部主开关“跳闸”，说明人体发生了触电或用电设备漏电大于30mA，需查清原因，排除故障后方可按下红色供电复位按钮恢复供电。

总之，“安全第一”是电子制作中一条最基本的准则。凡是电工应通晓并遵守的一般操作规则，业余电子爱好者都应严格照行。对于初学者尤其是青少年电子爱好者来讲，凡是涉及 220V 交流电的制作，必须要在专业电工或者老师现场指导的情况下才能进行，切忌“初生牛犊不怕虎”，冒然去摸“电老虎”的屁股！愿“安全第一”的思想能贯穿电子制作的全过程，杜绝不该发生的意外，这也是作者为什么要专门写这篇文章的初衷。

封面
书名
版权
目录
●音频应用
奥运专题
奥运会的广播电视如何转播与接收（下）＆潘哲昕
国半新型音频芯片应用专集
ＬＭＥ４９８１１设计与应用＆杨宇洸
ＬＭＥ４９８３０的试用感受＆伦音
２００８年上海地区音响ＤＩＹ作品展＆本刊记者
《无线电》、《高保真音响》、铁三角（大中华）有限公司联合举办铁三角耳机放大器设计大赛
耳放制作专题
ＴＷ－Ｊ９小型晶体管耳机放大器＆吴刚
简单实用的小功率耳放＆雷曦
晶莹剔透的４７耳放——制作透明的耳机放大器＆夏盛
为ＨＡ－１耳放搭配电源＆姜韬
一款新颖轻便功放的制作＆韦峰
ＬＭ４７８０功放实战制作＆程静涛
一款不需温度补偿精密偏置的甲类功放＆李宏伟　　南洋过客
浮地输出的功放集成电路＆吴红奎
灵感之作——我的袖珍甲类功放＆何志勤
６Ｎ２＋ＬＭ３８８６合并式音频功放的制作＆杨盛东
１５Ｗ单端功率放大器的设计＆骆才学
外置音频解码器的制作＆明９００２
电子管的偏置电路＆安玉景
对ＭＰ３进行固件升级的前前后后＆曹成武
什么是Ｄ类功放＆杨宇全
实战Ｄ类功放＆杨宇全
仙童音频大功率对管ＦＪＬ４３１５／ＦＪＬ４２１５的测试比较＆陆晓屏
新型编码解码芯片ＷＭ８９０３＆资料室
关于μＰＣ１２３７保护电路的疑问＆沙迦
实作ＬＭＥ４９８３０功放机＆吴根清
“火箭头”功放诞生记＆高宙
国半ＬＭＥ４９８３０后续的故事＆编辑部
ＤＩＹ有源电子分频的Ｍ１监听箱＆ｂｌｕｅ７
胆石混合耳放／前级的制作＆午后红茶
搭棚制作ＴＤＡ７２９３功放＆夏盛
便携耳放单电源的应用＆陈坚中
Ｄ类音频放大器专题
兆赫兹Ｄ类放大器（ＭＨｚ　ｃｌａｓｓ　Ｄ）＆赵全
ＩＲ公司的Ｄ类功率放大器＆赵全
ＵＣＤ４００Ｄ类功率放大器＆赵全
Ｔｒｉｐａｔｈ公司的Ｔ类功率放大器＆赵全
介绍几款适合ＤＩＹ的Ｄ类放大器（上）＆吴红奎
用ＡＬＴＥＣｌ５６９Ｂ制作的功放＆黄步青　　黄胜迪
电子管放大电路的几种接法＆黄步青
一款方便音响爱好者使用的多功能计算软件——ｅＴｏｏｌｓ２．０版本软件使用介绍＆语蓝
立体声重放系统测试ＣＤ校准步骤＆吴潇思
适合功放的半桥式３００Ｗ开关电源＆马云天
古董直热管３０１Ａ前级的制作＆边锋
一款５．２５英寸书架音箱的制作＆林芝松
支持话筒录音的ＵＳＢ声卡＆吴红奎
介绍几款适合ＤＩＹ的Ｄ类放大器（下）＆吴红奎

●ＨＡＭ通信
用旧物自制ＵＨＦ／ＶＨＦ驻波表＆阎其昌（ＢＤ８Ｍ１）
固定电台常备配件选购谈＆杨法（ＢＤ４ＡＡＦ）
自制通用型摩托罗拉车载对讲机录音中继控制器＆刘峰　　白志强　　蒋锐
电脑＋电路——打造软件无线电接收机＆林永春（ＢＡ５ＳＢＡ）
采用ＶＭＯＳ管的电台电源＆李华夫（ＢＧ４ＡＢＨ）
网评摘选电台电源，线性ＯＲ开关，选谁好？
自制短波低波段定向天线完整方案
Ｋ９ＡＹ天线的选材与架设＆吴国光（ＢＡ７ＩＡ）
Ｋ９ＡＹ天线控制器的制作＆吴国光（ＢＡ７ＩＡ）
Ｋ９ＡＹ天线系统的调整与使用＆吴国光（ＢＡ７ＩＡ）
Ｋ９ＡＹ天线性能的改进＆吴国光（ＢＡ７ＩＡ）
天线小知识天线的方向性与增益
ＭＯＴＯＲＯＬＡ对讲机与业余电台＆杨法（ＢＤ４ＡＡＦ）
改进型摩托罗拉／建伍对讲机写码器＆白志强　　蒋锐　　刘峰
专题业余无线电家
业余无线电应急通信
震区业余应急通信手记＆本刊通信员
汶川地震给我国ＡＲＥＳ带来的启示＆文翰墨（ＢＡ１ＨＡＭ）
我们需要什么样的业余应急通信——业余应急通信组织和通联之我见＆陈衡（ＢＤ５ＲＶ）
漫画反面典型＆马长有（ＢＧ２ＡＣＡ）
组建业余无线电追踪系统—ＡＰＲＳ的应用＆荣新华（ＢＤ６ＣＲ）
抢险救灾中适用的对讲机与电台＆杨法（ＢＤ４ＡＡＦ）
应急通信天线的制作与架设＆吴国光（ＢＡ７ＩＡ）
电波带来的惊喜＆孙永君（ＢＤ２ＦＯ）
器材与新技术
廉价车载台ＦＴ－１８０７使用报告＆杨法（ＢＤ４ＡＡＦ）
资料
２００８年三级《业余电台操作证书》考核试题及答案
２００８年二级《业余电台操作证书》考核试题及答案
２００８年一级《业余电台操作证书》考核试题及答案
ＳＰＥ１Ｋ－ＦＡ业余无线电短波功放赏析＆黎海（ＢＤ７ＰＡ）
制作适合野外通联使用的ＵＳＢ　ＣＩ－Ｖ接口＆吴国光（ＢＡ７ＩＡ）
８波段同轴电缆陷波天线＆林永春（ＢＡ５ＳＢＡ）
车载电台安装使用全攻略
电台选择与安装详解篇＆吴国光（ＢＡ７ＩＡ）
车载天线的选择和安装＆吴国光（ＢＡ７ＩＡ）
应急通信中的电源保障＆杨法（ＢＤ４ＡＡＦ）
小功率电台（ＱＲＰ）入门学习必备知识＆阮东升（ＢＡ６ＱＨ）
经典ＱＲＰ电路ＳＷ４０＋实作详解
城市上空的“夜鹰”（上篇）＆阮东升（ＢＡ６ＱＨ）
专题业余无线电家
协会之窗
关于收取２００９年度会费的通知
关于２００９年度会费汇款的注意事项
关于２００９年协会会刊的说明
关于协会总部为会员代订《无线电》杂志的说明
历史一页
纪念ＢＹＩＰＫ开台五十周年——忆我国业余无线电的５０年＆童效勇（ＢＡＩＡＡ）
活动聚焦
２００８黄山业余无线电技术交流大会＆方明（ＢＡ６ＡＡ）
ＢＹ７ＰＰ２００８ＥＭＥ通信实验＆吴国光（ＢＡ７ＩＡ）
器材与新技术

盘点２００８HAM　ＤＩＹ热点设备＆杨法（ＢＤ４ＡＡＦ）
ＩCOM　ＩＣ－２８２０H使用简报＆黎海（ＢＤ７ＰＡ）
交流提高
车载电台安装使用全攻略
车载电台电源与电台维护篇＆吴国光（ＢＡ７ＩＡ）
新品快讯２００８上海ＣＥＦ电子展上的火腿器材新品＆本刊记者
简单的多波段车窗玻璃天线＆张宏（ＢＧＩＦＰＸ）（译）
天线小知识天线的增益
经典ＱＲＰ电路ＳＷ４０＋仿制详解
城市上空的“夜鹰”（下篇）＆阮东升（ＢＡ６ＱH）
接触ＤＸ竞赛两年有感＆张猛（ＢＤ３ＢＸH）
漫画不打自招＆马长有（ＢＧ２ＡＣＡ）

●测试测量

电压基准专题
电压基准离我们有多远？＆张利民（ＢＧ２ＶＯ）
我们身边的固态电压器件＆张利民（ＢＧ２ＶＯ）
衡量电压基准的指标参数＆张利民（ＢＧ２ＶＯ）
电压基准仪器一览＆张利民（ＢＧ２ＶＯ）
电压基准仪器ＤＩＹ方案＆张利民（ＢＧ２ＶＯ）
电压基准的校准与检定＆张利民（ＢＧ２ＶＯ）
打造个人电子工作室
二手万用表选购指南（上）＆聆听
二手万用表选购指南（下）＆聆听
无形的生活助手——超声波＆徐玮
一款基于５１单片机的超声波学习板＆徐玮
超声波测距试验＆张涌根
电子实验室专题
创建个人电子实验室＆吴红玉
电子实训实验室配置方案＆杜建清
创新电子实验室配置方案＆凌锋
能模拟汽车传感器的专用信号发生器＆林元新
数字示波器ＶＳ模拟示波器＆魏坤
电子血压计电路结构和工作原理＆成语
电子血压计的认证标记＆资料室
实测ＲＩＧＯＬ　ＤＧ１０２２多功能信号发生器＆《无线电》实验室
数字存储示波器的重要指标及选购＆魏坤
二手信号发生器选购指南＆聆听
给ＶＣ９８０７Ａ万用表增加恒流电路＆吉同根
二手频谱分析仪选购指南＆聆听
示波器使用三板斧（一）——测量单片机和遥控器篇＆黄勇　葛中海
示波器使用三板斧（二）——测量激光设备篇＆黄勇　葛中海
数字万用表使用技巧
如何用数字万用表判断三极管的管脚＆王龙军
示波器测量中的“热地”和“冷地”＆黄勇　葛中海
醉翁之意不在酒——种通过测量频率间接测量电阻的方法＆黄双根　吴燕
ＤＳ１０００Ｅ系列数字示波器简介＆资料室

●无线应用

单音信号无线发射/接收器＆解永勃
单片机控制的无线影音发射器＆刘作新
多用途锁相环频率合成器模块＆魏坤
轻松编程实现无线遥控＆陈庚
基于ＧＳＭ模块的路灯无线监控系统＆戚敏敏　柏华东　谢建军
用调频发射接收模块改装远程遥控装置＆刘国成
ＬＥＤ太阳能路灯控制器＆李占林
在电脑间实现无线互连＆胡彩石
ＧＳＭ模块——实现远程控制的新锐＆徐玮　庄建清

２款经典的太阳能路灯控制器＆张晓光　　刘松森
●电脑・单片机
五花八门流水灯
ＬＥＤ动感广告牌＆张晓光
有趣的ＬＥＤ电子沙漏＆卫小鲁
让流水灯转起来＆刘小康
用单片机驱动微型打印机＆陈国先
印制电路板ＣＡＤ
ＡｕｔｏＣＡＤ的图纸怎样转换成Ｐｒｏｔｅｌ９９ＳＥ格式＆刘祖明
简单易制的硬盘播放器＆姚宗栋
用单片机实现传统电路功能
用单片机进行语音录放＆史杰云
输出直流高电压的太阳能充电器＆吴汉清
太阳能电池的发展历程＆张晓光
电波钟及其系统设计＆唐黎明
ＵＳＢ接口来电显示器＆周长锁
ＰＩＣ单片机入门解惑问与答＆钟闰田
给Ｕ盘增加ＭＰ３播放功能＆陈尚
无噪声电脑电源改装手记＆吴玥
用单片机检测摩托车启动继电器＆高友
Ｍｉｃｒｏｃｈｉｐ推出完整的８位／１６位／３２位ＵＳＢ单片机产品线＆资料室
奥运场馆中的手机充电站＆肖迎春　　宋荣　　孙光
Ｐｒｏｔｅｌ９９ＳＥ中ＰＣＢ文件分层转换为图片文件的方法＆刘作新
德州仪器公司推出超低功耗ＭＳＰ４３０系列ＭＣＵ新品ＭＳＰ４３０Ｆ５ｘｘ＆资料室
最新面世的ＬＥＤ驱动方案＆编辑部
走自己的路——自动避障机器车＆宋泽清
能穿透墙壁识别移动物体的节能控制器＆梁厚漠
精彩纷呈的仿奥运会开幕式击缶倒计时牌＆付国迎
一种不怕高电压破坏的短距离光纤传输方案＆张新明
低成本单片机实验开发板＆徐乐
单片机在音响中的应用
用单片机和ＰＧＡ２３１０实现高精度音量控制＆魏坤
三款可实现更高精度和散热性能的微型ＬＥＤ驱动器＆资料室
用单片机数字钟改造老式电饭锅＆曾冠维
用２条线读写１２８６４点阵液晶屏＆邢矫健
多时刻定时数字钟＆阚海辉　　刘海燕
盲人用电子钟＆吴汉清
无线门铃报警器＆张建平
一款便携式数字酒精检测器＆徐伟（ＢＨ３ＮＶＮ）
背景知识酒精传感器简介＆徐伟（ＢＨ３ＮＶＮ）
单片机系统电路的测试方法＆周琳凯
音乐喷泉里的学问＆乔晋兴
自制单片机控制智能房间系统＆苏锡锋
ＰＴ２２６２无线编码器的制作＆张建平
●应用电路与制作
用功率型ＬＥＤ制作人体红外控制灯＆孙志甫
超温无线报警器＆刘智
自制简易地震报警器＆张晓东
实用电路模块
ＤＦ微型无线数据收发模块＆陈有卿
实用的匙扣式无线电发射模块＆陈有卿
匙扣式无线收发模块应用三例＆陈有卿
经济实用的低功耗降压稳压电路＆冉小平
用ＮＥ６０５制作宽频带调频接收机＆苏林　　许岩

不产生电火花的多点控制开关＆徐文武　　蔡本晓　　余子正
自制多功能车用电源＆冉小平
带上下温度限制的温控装置＆刘兵
自制高性能ＵＳＢ－ＲＳ２３２转换器＆胡炼　　贺静
自制实用红外线—无线转发器＆茅凌云
ＤＩＹ简易家用超声波清洗器＆纪元美
安全可靠的网络设施防雷击保护器＆薛明明
如何加大超声波电路的功率输出＆刘新华
微波感应模块的原理与应用＆陈有卿
让废旧鼠标变身无线遥控翻页笔＆乔明哲
用超声波控制你的楼道灯＆俞虹
实用卧室灯遥控开关的制作＆刘潇
自制简易可靠的电感测量仪＆杜灿鸿
●家电与维修
维修技巧一点通
巧修彩电中的ＣＰＵ＆张兰家　　贾凡
如何延长电冰箱温控器的使用寿命＆陈文启
笔记本电脑电源适配器的原理与维修＆赵理科
如何解决天热宽带路由器的“罢工”＆潘邦文
自制带焊脚的保险丝管＆李保平
使用不当也会造成微波炉不工作＆万举刚
由ＵＣ３８４２芯片构成的开关电源的检修＆孙洋
爱庭电磁炉加热不稳定故障的检修＆林育汐
电容漏电引发收音机出现“无台”＆林芝松
用对比法快速检修仪器仪表＆戴心锐
电容变质引起彩电色彩失真故障一例＆韩军春
Ｍａｒａｎｔｚ　ＣＤ机静音电路失效的检修＆安玉景
维修员手记
彩电自动关机故障检修＆张兰家　　贾凡
手机旧电池的再利用＆宋海红
装机小经验——破解硬盘丢失之迷＆刘福胜
伴音时大时小软故障的检修＆孙德印
集成电路供电管也是故障高发点＆于玲艳
一颗“磁化”螺钉引起的故障＆倪耀成
光明牌ＳＧ－３型声光控电灯开关的检修＆余俊芳
将光控灯巧改报警器＆刘福胜
电磁炉ＩＧＢＴ管损坏的十大原因＆王绍华
海尔ＨＳ－２９８０型彩电水平亮线的检修＆宋海红
问与答
●初学者园地
有趣的太阳能电池＆门宏
入门制作
ＤＩＹ简易声控流水彩灯＆任杰
多功能测电笔的改进＆吕四喜
如何抄画印制电路＆葛中海
简易太阳能充电器＆门宏
怎样调节调频无线话筒的发射频率＆任杰
扩展电容挡量程的简易方法＆辛启华
零起步学无线电收发
无线电发射与接收原理＆门宏
电子制作常用工具面面观（１）＆张晓东
数码相机抄板的妙用＆张全威
小型太阳能供电板的制作＆江肖
电子制作常用工具面面观（２）＆张晓东
光控路灯控制器——巧用太阳能电池作光传感器＆门宏
自制多功能数码管显示实验板＆江肖

电子制作常用工具面面观（３）＆张晓东
洞洞板上的电路ＤＩＹ小型ＬＥＤ点阵显示系统＆江肖
与初学者谈谈安全用电＆张晓东
●书讯
《电子管名机赏析》重印发行